



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**"DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO ARTICULADO DEL SUB-
TRAMO DE CARRETERA CONDEGA – SAN DIEGO (4.00 KM), EN EL
MUNICIPIO DE CONDEGA, DEPARTAMENTO DE ESTELI"**

Para optar al título de ingeniero civil.

Elaborado Por:

Br. Okrania Jocelyn Hernández Castellón.

Br. Itzell Anais Mairena Vílchez.

Br. Hamerlyng Josué Talavera Rodríguez.

Tutor:

Msc. Ing. José Fernando Bustamante.

Managua, Octubre del 2017.

DEDICATORIA.

Principalmente dedicamos esta tesis a DIOS nuestro padre celestial, por habernos dado fortaleza, sabiduría y sobre todo confianza para seguir adelante y lograr terminar este sueño.

De manera muy especial a nuestros padres, ya que con mucho esmero y esfuerzo nos han ayudado para poder cumplir unos de nuestros sueños, como es terminar nuestros estudios universitarios, siendo ellos la base fundamental de nuestra vida, igual que a todas las personas que nos ayudaron en el transcurso del camino.

A nuestro gran amigo y profesor Ingeniero José Bustamante, que por su gran personalidad y amistad nos dio muchos consejos, para que el día de mañana seamos unas personas humildes, sencillas y sobre todo con una gran responsabilidad ante la sociedad (sin importar raza ni colores), la naturaleza y la ciencia.

A toda nuestra familia en general que de una u otra manera nos apoyaron para poder salir adelante.

Br. Okrania Jocelyn Hernández Castellón.

Br. Itzell Anais Mairena Vílchez.

Br. Hamerlyng Josué Talavera Rodríguez.

AGRADECIMIENTO.

A DIOS PADRE por habernos regalado la vida, y guiarnos por un camino recto dándonos las fuerzas, salud, entendimiento y sabiduría para seguir adelante y culminar con nuestros estudios universitarios.

En especial a nuestro tutor Ingeniero José Bustamante, quien es un excelente maestro, un gran amigo y un modelo a seguir, por su gran personalidad tanto profesional como humana.

Agradecemos el haber compartido gran parte de su tiempo, conocimientos y experiencias para lograr desarrollar y concluir esta investigación.

Al igual a UNI-NORTE, nuestra alma mater, por ser nuestro segundo hogar donde se nos brindó conocimientos, aprendizajes y las bases necesarias para ser personas destinadas a servir a Dios y a la sociedad, también por brindarnos un modelo a seguir en las ciencias y las humanidades.

A nuestros padres, por habernos apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que nos han permitido ser personas de bien, pero más que nada, por su amor, ejemplos de perseverancia, por el valor mostrado para salir adelante y constancia que nos ha infundado siempre.

A nuestros docentes y personal involucrado en nuestra formación universitaria, por su permanente contribución en cada etapa del trabajo, por su dedicación y aporte intelectual y por el ejemplo brindado ante cada uno de los requerimientos, objetivos planteados y desarrollados.

Br. Okrania Jocelyn Hernández Castellón.

Br. Itzell Anais Mairena Vilchez.

Br. Hamerlyng Josué Talavera Rodríguez.

GLOSARIO.

Adoquines: Son elementos contruidos de material pétreo y cemento colocados sobre una capa de arena, su función primordial es absorber las irregularidades que pudiera tener la base proporcionando a los adoquines un acomodamiento adecuado.

Agregados: Un material granular duro de composición mineralógica como la arena, la grava, la escoria o la roca triturada, usado para ser mezclado en diferentes tamaños.

Banco de Material: Lugar donde se extraerá material de préstamo para ser utilizado en una obra civil, en el cual es necesario conocer el tipo de suelos existentes en dicha zona así como el volumen aproximado de material que pueda ser utilizable.

Base: Es la capa de espesor diseñado, constituyente de la estructura del pavimento destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito a las capas subyacentes y sobre la cual se coloca la carpeta de rodadura.

Capa subrasante: Capa de terreno de una carretera, que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad en que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.

Cama de Arena: Esta capa se construye de 5 centímetros, con arena suelta, gruesa y limpia la cual no se compacta antes de colocar los adoquines sobre ella.

Carretera, Calle o Camino: Términos genéricos que designan una vía terrestre para fines de circulación de vehículos y que incluye la extensión total comprendida dentro del derecho de vía.

Carpeta: Debe proporcionar una superficie de rodamiento adecuada con textura y color conveniente que resista los efectos abrasivos del tránsito, desde el punto de vista del objetivo funcional del pavimento es el elemento más importante.

CBR. (Relación de Carga California): Relación entre la presión necesaria para penetrar los primeros 0.25 cm en un material de prueba y la presión necesaria para penetrar la misma profundidad en un material de características conocidas o patrón.

Cuneta: Canalillo lateral paralelo al eje de una carretera, camino o calle construida inmediatamente después del borde de los hombros, que permite el escurrimiento del agua, y a la vez, sirve de barrera entre la calzada y la acera.

Estación: Lugar o punto específico donde se realizan conteos, para conocer las características del tráfico, la que será útil para el desarrollo de carreteras.

Estación de control: Tienen por objeto conocer las variaciones diarias, semanales y estacionales; se realizan en caminos de adoquinado y asfalto, en tramos donde el tráfico es menor que una estación permanente. Sin embargo su principal función es de llevar un control de las estaciones Permanentes y en donde se les efectúan conteos una vez al año a diferencia que las estaciones sumarias.

Estación permanente: Se encuentran ubicadas sobre la Red Troncal Principal, destacándose la zona Central y Pacífica del país, efectuándose conteos clasificados de 24 horas por día durante dos periodos en el año (Verano-Invierno), con duración de 7 días consecutivos en cada período.

Estación sumaria: Se caracterizan por estar en caminos que no han sido pavimentados, con un flujo vehicular moderado. En este tipo de estación se realiza como mínimo un aforo anual durante 12 horas diarias (de 6 am a 6 pm) en periodos de tres (Martes – Miércoles – Jueves) generalmente en todo el transcurso del año se efectúan en épocas de Verano y/o Invierno.

Pavimento: Es una capa o conjunto de capas de materiales seleccionados, comprendidos entre la subrasante y la superficie de rodamiento o rasante.

Pavimento articulado: Los pavimentos articulados están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada con bloques de concreto prefabricado, llamados adoquines, de espesor uniforme e iguales entre sí. Esta puede ir sobre una capa delgada de arena la cual a su vez se apoya sobre la capa de base granular o directamente sobre la sub-rasante, dependiendo de la calidad de esta y de la magnitud y frecuencia de las cargas por dicho pavimento.

Permeabilidad: No es más que la capacidad de ciertos materiales de dejar pasar el agua, a través de sus poros.

Proyecto: La sección específica de la carretera, camino, calle o puente, junto con todas las obras que serán construidas.

Sub- base: Se coloca para absorber deformaciones perjudiciales de la terracería, también actúa como drenaje para desalojar el agua que se infiltra al pavimento y para impedir la ascensión capilar del agua procedente de la terracería hacia la base.

Sub- rasante: Es el nivel del terreno sobre el cual se asientan las capas de sub-base, base y carpeta del pavimento. Corresponde al nivel de lo que se conoce como terracería.

Suelo: Es un agregado natural no cementado de granos minerales y materia orgánica en descomposición, con líquido y gas en los espacios vacíos entre las partículas que lo constituyen.

Terraplén: Es aquella parte de la estructura de una obra vial construida con material producto de un corte o un préstamo, la cual queda comprendida entre el terreno de fundación y el pavimento.

Tránsito: Circulación de personas y vehículos por calles, carreteras.

RESUMEN EJECUTIVO.

El presente trabajo monográfico, comprende todos los criterios y estudios técnicos necesarios para la realización del proyecto titulado: “DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO ARTICULADO DEL SUB-TRAMO DE CARRETERA CONDEGA – SAN DIEGO (4.00 KM). EN EL MUNICIPIO DE CONDEGA, DEPARTAMENTO DE ESTELI.”

Este trabajo consta de cinco capítulos, donde cada uno aborda un tema específico.

CAPÍTULO I. GENERALIDADES.

Este capítulo abordara aspectos tales como: Introducción, Antecedentes, Justificación y Objetivos.

CAPÍTULO II: ESTUDIO GEOTÉCNICO.

Se determinaron las características del terreno a lo largo del tramo en estudio, por medio de los ensayos de laboratorio aplicados a cada una de las muestras extraídas, de acuerdo, a los resultados los materiales que predominan son suelos arcillosos del tipo **A-2-6, A-7-5**; en cambio el banco de materiales está conformado por materiales granulares, correspondiente a arenas limosas, que se clasifican del tipo **A-1-a**, con un valor de soporte **CBR** de **73%**. Utilizando los datos de los resultados de los ensayos de línea se elabora el gráfico donde se determina el CBR de Diseño para la sub-rasante, resultando un valor igual a **12.3%**,

La información necesaria del banco de material disponible cerca de la zona, fue facilitada por la Alcaldía Municipal de Condega en colaboración con la firma consultora Estudios y Diseños Ingenieros Consultores (EDICO).

CAPÍTULO III: ESTUDIO DE TRÁFICO.

Contempla el estudio de tránsito, obtenido mediante un aforo manual en el tramo carretera conociendo así el volumen y composición vehicular, el aforo vehicular se realizó durante 7 días sobre la vía. Se obtuvo el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) de **170 vehículos/día**, posteriormente se analizaron las estadísticas nacionales sobre el Producto Interno Bruto (PIB), el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) y crecimiento Poblacional, para determinar la tasa de crecimiento a utilizar, la cual fue de **4.29%**. Al proyectar el tráfico actual, considerando un periodo de diseño de 20 años, se obtuvo el número de repeticiones por eje equivalente (ESAL's) de **742,441.00**.

CAPÍTULO IV: DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO.

El diseño de la estructura de pavimento se realizó utilizando el método que plantea la AASHTO-93, aplicando criterios de diseño para determinar los diferentes espesores con que estará conformada la estructura de pavimento. El paquete estructural para el tramo dio como resultado: una capa de rodamiento de **4.00 pulgadas** (espesor estándar del adoquín de concreto) y una base granular de **6.00 pulgadas**. Este paquete cumple con los requerimientos mínimos establecidos por la AASHTO 93.

CAPÍTULO V: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.

Comprende una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) aplicado a las etapas de construcción y operación del tramo de carretera Condega-San Diego. Se aplicó la metodología de la matriz de Leopold, analizando los efectos negativos y positivos que conllevan la realización del proyecto. Se pudo determinar que en la etapa de construcción los factores ambientales más afectados son el suelo y la calidad del aire; mientras que en la etapa de operación el factor económico es el mayor beneficiado por la generación de puesto de trabajo. Por último, se detallan las medidas correctoras propuestas para prevenir, corregir y/o mitigarlos impactos ambientales identificados y evaluados.

INDICE.

CAPÍTULO I GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN.	1
1.1. 1.Localización del proyecto.	2
1.1.1.1. Macro-Localización.	2
1.1.1.2.Micro Localización.	3
1.2. ANTECEDENTES.	5
1.3. JUSTIFICACIÓN.	6
1.4. OBJETIVOS.	7
1.4.1.Objetivo General.	7
1.4.2.Objetivos Específicos.	7

CAPÍTULO II ESTUDIO GEOTÉCNICO

2.1. Introducción.	8
2.2. Propiedades específicas de los materiales que constituyen estructura del pavimento articulado.	8
2.2.1. Sub-rasante o Terreno Natural.	8
2.2.2. Sub Base.	9
2.2.3. Base.	10
2.3. Trabajos de campo y laboratorio.	11
2.3.1. Ensayos de suelo en línea.	11
2.4. Resultados de los ensayos.	11
2.5. Fuente de materiales.	13
2.6.Resultados de Laboratorio realizados a los Bancos de préstamo.	14
2.7. Estabilización con cemento de los materiales de Bancos de préstamos.	17
2.7.1. Material a utilizar para Base granular.	18
2.7.2. Material para Sub-base granular.	18

2.8. Determinación del CBR de la subrasante.....	18
2.7.1. Selección del CBR de diseño.	19

CAPÍTULO III

ESTUDIO DE TRÁFICO

3.1. Metodología.....	24
3.2. Recopilación de datos.....	24
3.2.1. Hoja de Campo.....	25
3.2.2. Clasificación de vehículos.....	25
3.2.3. Clasificación del tipo de vehículo por la disposición de sus ejes.	25
3.3. Procesamiento de datos.....	26
3.3.1. Tránsito Promedio Diurno semanal (TPDsemanal).	26
3.3.2. Determinación del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).	28
3.3.3. Clasificación vehicular promedio.	31
3.3.4. Tasas de crecimiento.....	31
3.3.5. Correlaciones para encontrar tasa de crecimiento a usar.	36
3.4. Análisis de la información obtenida.	41
3.4.1. Análisis de la tasa de crecimiento a Utilizar.....	42
3.5. Proyección del tránsito.....	42
3.5.1. Periodo de Diseño (N).	42
3.5.2. Factores de distribución de dirección (FD).	43
3.5.3. Factor de distribución por carril (Fc).	43
3.5.4. El Índice de Serviabilidad Inicial (Po).	44
3.5.5. El Índice de Serviabilidad Final (Pt).	44
3.5.6. Pérdida de Serviabilidad ((Δ PSI).....	44
3.5.7. Número Estructural Asumido (SN).....	45
3.5.8. Factor de Equivalencia (FESAL).....	45
3.5.9. Factor de crecimiento (fc).	47
3.5.10. Tráfico de Diseño (TD).	47
3.5.11. Ejes Equivalentes (ESAL o W18).	48

CAPÍTULO IV

DISEÑO DE PAVIMENTO ARTICULADO

4.1.Introducción.	49
4.2.Método para el Diseño de Pavimento Flexible (AASHTO93).....	49
4.3.Variables a considerar en el Método de diseño AASHTO 93.	50
4.3.1.Confiabilidad (R).	50
4.3.2.Desviación estándar.	50
4.3.3.Serviciabilidad.....	51
4.3.4.Módulo de Resiliencia de la subrasante (Mr).....	51
4.3.5.Coeficiente de drenaje.	52
4.3.6.Coeficientes de las capas estructurales.	53
4.3.7.Números estructurales aportados y determinación de espesores.	55
4.4. Uso del programa WinPAS.	60

CAPÍTULO V

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

5.1. Introducción.	64
5.2. Declaración de Impacto Ambiental.	66
5.3. Leyes Ambientales Vigentes.....	66
5.3.1. Ley 217.....	66
5.3.2. Ley 559.....	67
5.3.3. Ley 730.....	67
5.3.4. Decreto No. 76-2006.	68
5.3.5. Normas Ambientales para el Diseño, Construcción y Mantenimiento de Obras Viales. (SIECA 2004).	69
5.3.6. Normativas.....	69
5.4. Descripción del proyecto.....	71
5.4.1. Aspectos Generales.	71
5.4.2. Etapas de construcción.	72

5.5.	Área de influencia del proyecto.....	72
5.5.1.	Medio abiótico.....	72
5.5.2.	Medio Biótico.	73
5.6.	Calidad ambiental del área de influencia del proyecto.....	74
5.6.1.	Límites del Área de Influencia.....	74
5.7.	Manejo y disposición de desechos sólidos.	74
5.7.1	Desechos Sólidos.	74
5.7.2.	Desechos Líquidos y Gaseosos.	75
5.8.	Matriz de Caracterización del Proyecto.	76
5.8.1.	Identificación y valoración de los impactos ambientales.....	76
5.8.2.	Identificación de Impactos Ambientales.....	79
5.8.3.	Matriz para Valoración de Atributos Ambientales.	89
5.8.4.	Diseño de Medidas de Mitigación y Prevención.	95
CONCLUSIONES.		103
RECOMENDACIONES.....		106
BIBLIOGRAFIA.		107
ANEXOS:		

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN.

La rehabilitación y mejoramiento de la carretera es la forma más viable de resolver una gran cantidad de problemas que limitan el desarrollo de la zona en todos los sentidos. Debe tomarse en cuenta que entre Condega y San Sebastián de Yalí, hay una fuerte actividad agropecuaria y comercialización de sus productos, lo cual ha permitido facilitar a productores un adecuado y mejorado rendimiento de producción, que se reflejara en mejorar las condiciones de vida de las comunidades aledañas.

La infraestructura vial destaca un papel fundamental para el desarrollo sostenible que va de la mano con la economía, estas dependen fuertemente de vías eficientes. Las vías urbanas y rurales interconectan los puntos de producción y consumo, por esta razón la construcción y mantenimiento de las carreteras son temas de gran relevancia para la población en general.

Reiterando lo anterior desarrollaremos nuestro estudio con el objetivo de mejorar la vía que comunica el municipio de Condega del departamento de Estelí con el municipio de San Sebastián de Yalí en el departamento de Jinotega; nos ocuparemos de un tramo de 4 km. El estado en que se encuentra la vía actualmente representa dificultades para el transporte vehicular y movilización: de la producción agropecuaria, del sector de educativo, salud, y comercio. A través de estudios de suelo, topográfico e hidrológico; que comprenden la saturación, capacidad del suelo, determinación de puntos geográficos, riesgos prolongados como el agua; de estos dependerá el diseño y durabilidad de la vía.

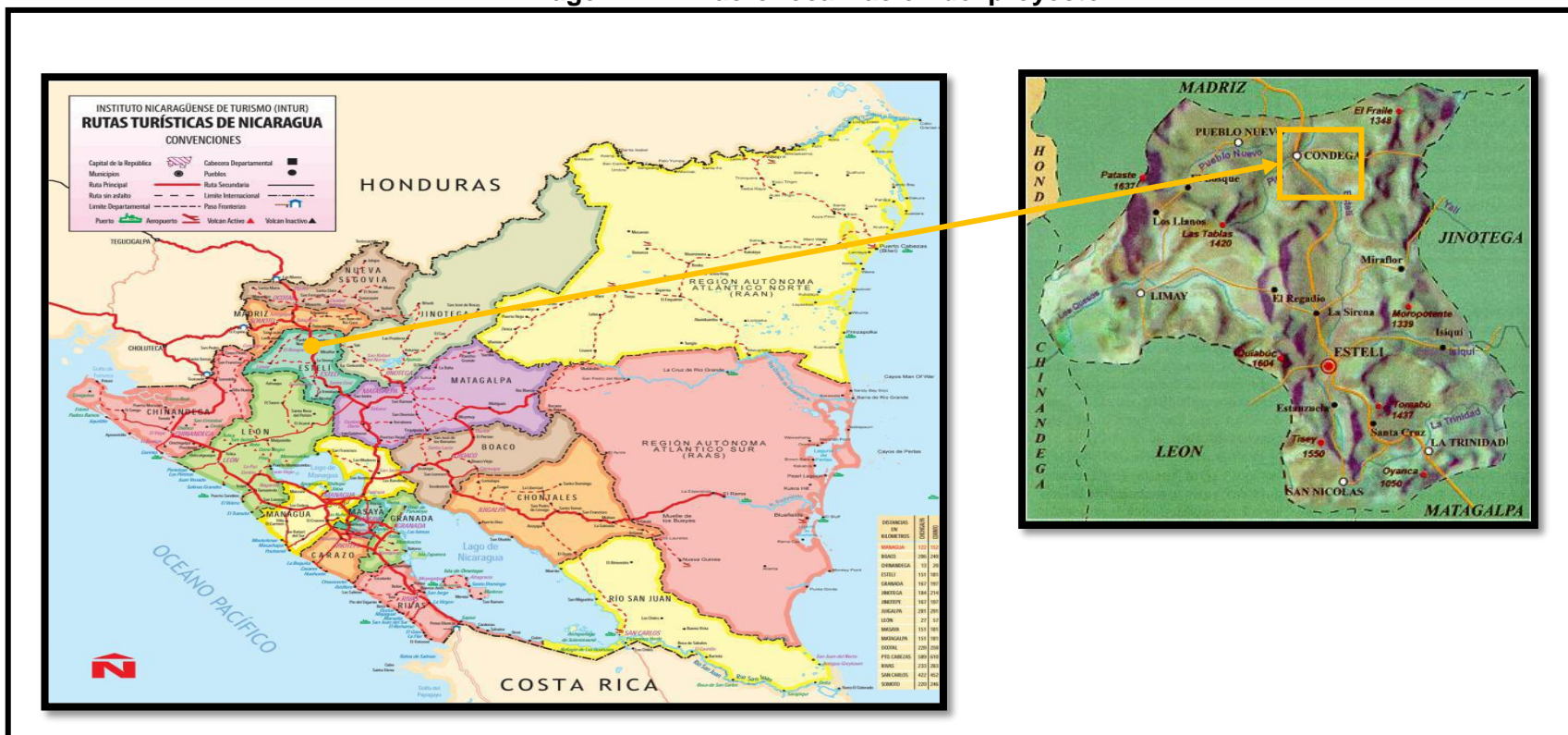
Los estudios y diseños que se realizaran en esta monografía serán de suma importancias para la toma de decisiones en elegir el tipo de estructura vial adecuado que se acomode a la necesidad del proyecto y a su financiamiento para su ejecución del mismo; elevando el nivel de desarrollo socioeconómico en la población facilitándole una mejor movilización para mejorar su vida cotidiana con los aspectos mencionados anteriormente.

1.1. 1.Localización del proyecto.

1.1.1.1. Macro-Localización.

El proyecto se encuentra localizado al norte de Nicaragua, en el municipio de Condega, departamento de Estelí.

Imagen N° 1: Macro-localización del proyecto.



Fuente: Ficha Municipal de la Alcaldía Municipal de Condega.

1.1.1.2. Micro Localización.

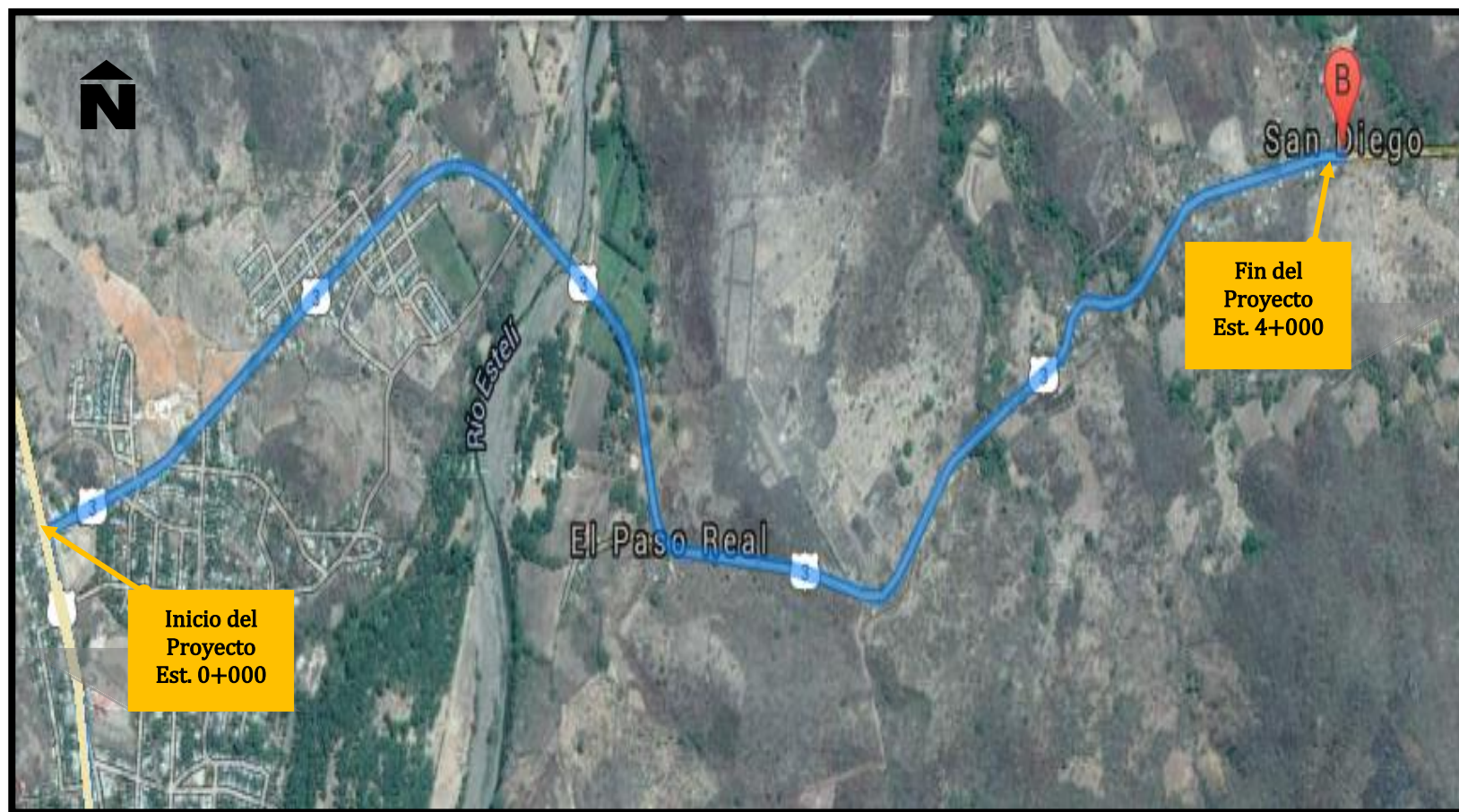
El proyecto conecta al Municipio de Condega con la Comunidad San Diego.

Imagen N°2: Micro localización del proyecto.



Fuente: Ficha Municipal de la Alcaldía Municipal de Condega (Mapa Geodésico-Sin Escala).

Imagen N° 3: Vista Satelital del tramo.



Fuente: Google earth.

1.2. ANTECEDENTES.

El municipio de Condega cuenta con una superficie de 394 km², con una densidad poblacional de 80 habitantes por km², pertenece al departamento de Estelí y se encuentra a 185 km. de Managua

La población requerir una infraestructura vial en buenas condiciones, de ahí es donde nace la necesidad del proyecto ya que la zona está experimentando un gran avance económico debido al asentamiento de pequeñas, medianas y grandes industrias que se dedican al procesamiento del tabaco, granos básicos (café, frijoles entre otros), centros educativos, puestos médicos, centro de convención e instituciones del gobierno; aquí la población se beneficiara directamente con la mejora de esta vía que utilizan para transportar su producción.

La principal actividad económica del municipio es esencialmente agrícola, con claro predominio del cultivo de café, tabaco y granos básicos, con una importante orientación al autoconsumo y a un mediano desarrollo de la agroindustria.

Actualmente la vía es ineficiente no cuenta con un mejoramiento de suelo, falta de carpeta de rodamiento y drenaje deteriorado, siendo así que en temporada de invierno es inaccesible, prolongando la distribución de la producción a los consumidores, así como también afectando al sector salud y educación. **(Ver Anexos foto N°1, N°2, N°3, N°4, Pág. I y II).**

1.3. JUSTIFICACIÓN.

El trabajo monográfico se enfocará en los primeros 4 km de carretera que conecta el casco urbano de Condega con la Comunidad de San Diego, en donde el índice densidad poblacional ha crecido, generando mejoras en su infraestructura vial.

Es una zona donde se ubican pequeñas, medianas y grandes industrias, que su principal producción es el tabaco y café, que hacen uso de esta ruta. Las empresas tabacaleras y los pobladores ubicados a lo largo de la zona, se beneficiaran de manera directa, ya que habrá una reducción sustancial en los costos de operación para el transporte público y privado.

La vía dispone de un camino de 4 km en condiciones no transitable para el tránsito vehicular existente, lo que permite proponer un diseño de acuerdo a normas y especificaciones; se ha observado que la mayoría de la población utiliza esta vía para acceder al casco urbano y transportarse con su producción agrícola aunque conlleve muchas dificultades.

El presente proyecto se justifica en razón de que una vez sea intervenida la vía de Condega-San Diego, Departamento de Estelí; va a contribuir en disminuir la vulnerabilidad al deslizamiento de la zona, ya que no contaba con un drenaje adecuado, logrando alcanzar las óptimas condiciones al tener una buena superficie para la evacuación de las aguas de las lluvias.

1.4. OBJETIVOS.

1.4.1. Objetivo General.

Diseñar estructuralmente un pavimento articulado del sub tramo de la carretera Condega – San Diego (4 Km), en el municipio de Condega, departamento de Estelí.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- Analizar las características físico mecánicas del tramo en estudio y de los bancos de materiales, esenciales para el diseño de la estructura de pavimento.
- Realizar aforo vehicular con la finalidad de proyectar el TPDA y cuantificar las cargas que actuarán en la estructura de pavimento sobre dicho tramo.
- Realizar el diseño de pavimento articulado de la vía aplicando el método de la AASHTO 93 y el programa WinPAS.
- Realizar el análisis de impacto ambiental que producirá la construcción de la obra en el sub tramo de la carretera Condega–San Diego.

CAPÍTULO II

ESTUDIO GEOTÉCNICO

2.1. Introducción.

El estudio de suelos para el diseño de estructuras es muy importante, ya que de este depende la vida útil de la carretera, además que se provee a la sociedad de un excelente servicio vial, este estudio consiste en realizar las investigaciones correspondientes para conocer las condiciones de los suelos como, la calidad, textura y propiedades físicas, de manera que por sus propiedades y características permitan determinar el diseño de la estructura de pavimento de la vía en estudio. Estos datos fueron proporcionados por la Alcaldía municipal de Condega en colaboración con EDICO (Estudios y Diseños Ingenieros Consultores), de un estudio realizado en la zona en el año 2015.

Para lograr los objetivos del estudio, se realizaron las siguientes investigaciones de campo:

- Sondeos de línea manuales en toda la longitud del camino.
- Sondeos en bancos de materiales y Ensayes de laboratorio al que se someten las muestras obtenidas de los sondeos manuales.
- Ensayes de laboratorio para determinar las Características y Propiedades de los materiales encontrados en el Sondeo de línea.
- Características y propiedades técnico-mecánicas de los materiales.

2.2. Propiedades específicas de los materiales que constituyen estructura del pavimento articulado.

2.2.1. Sub-rasante o Terreno Natural.

Comprende la longitud total de la vía, esta es la que constituye la fundación para el pavimento articulado. Sirviendo de soporte a la estructura y capaz de resistir las cargas aplicada a esta. El pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la sub-rasante por lo que esta debe de cumplir con las normas NIC 2000, el diseño de un pavimento es esencialmente el ajuste de la carga de diseño por eje a la capacidad de la sub-rasante. Los materiales apropiados para esta capa son de preferencia los suelos granulares.

Tabla Nº 1: Especificaciones para los materiales de terraplenes y capa de Sub-rasante.

Nº	Propiedad	Terraplenes	Capa Sub- rasante	Metodología
1	% de malla No. 200	40 % máx.	30% máx.	AASHTO T-11
2	Límite Líquido	40 % máx.	30% máx.	AASHTO-89
3	Índice Plástico	15% máx.	10% máx.	AASHTO T-90
4	CBR	10% min	20% máx.	AASHTO T-193
5	Compactación	95 % min. Del peso volumétrico seco máx. Obtenido por medio de la prueba Proctor modificado (AASHTO-99)	95% min. Del peso volumétrico seco máx. Obtenido por medio de la prueba Proctor modificado (AASHTO-T-180)	AASHTO-T-191 Y/O T- 238 (In Situ)

Fuente: Especificaciones NIC-2000 Sección 203. 11 (b), 1003. 21, 1003. 24 (g).

2.2.2. Sub Base.

Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de sub-rasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que pueda afectarla.

La Sub Base está constituida por un material de calidad y espesores determinados; que se coloca entre la Subrasante y la base. Como parámetro de evaluación de esta capa se emplea la capacidad de soporte o resistencia a la deformación por los esfuerzos cortantes bajo las cargas de tránsito. Se utiliza además, como capa de drenaje y controlador de ascensión capilar de agua, protegiendo así la capa de pavimento, por lo que generalmente se utilizan materiales granulares.

El material de sub-base deberá ser seleccionado y tener mayor valor de soporte (C.B.R) que el material de sub-rasante y su espesor será variable según las condiciones y debe de cumplir con los requisitos propuestos por las normas NIC- 2000:

Tabla Nº 2: Especificaciones de materiales para Sub-base granular.

Nº	Propiedad	Especificación	Metodología
1	Límite Líquido	25% máx.	AASHTO-89
2	Índice Plástico	6% máx.	AASHTO-90
3	CBR	40% min.	AASHTO-193
4	Desgaste de los Ángeles	50% máx.	AASHTO-96
5	Intemperismo Acelerado	12% máx.	AASHTO-104
6	Compactación	95% min del peso volumétrico seco máx. Obtenido por medio de la prueba proctor modificado (AASHTO-180)	AASHTO-191 Y/O T-238 (In Situ)

Fuente: Especificaciones NIC-2000 Sección 1003. 09 (a y b), 1003. 23. II (b).

2.2.3. Base.

Es la capa de pavimento sobre la cual se coloca la capa de rodadura y tiene la función de distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito, a la capa de sub-base y a través de ésta a la sub-rasante. El material de la base debe de cumplir con los requisitos propuestos por las normas NIC 2000:

Tabla Nº 3: Especificaciones de materiales para base granular.

Nº	Propiedad	Especificación	Metodología
1	Límite Líquido	25% máx.	AASHTO-89
2	Índice Plástico	6% máx.	AASHTO-90
3	CBR	80% min.	AASHTO-193
4	Desgaste de los Ángeles	50% máx.	AASHTO-96
5	Intemperismo Acelerado	12% máx.	AASHTO-104
6	Compactación	95% min del peso volumétrico seco máx. Obtenido por medio de la prueba proctor modificado (AASHTO-180)	AASHTO-191 Y/O T-238 (In Situ)

Fuente: Especificaciones NIC-2000 Sección 1003. 09 (a y b), 1003. 23. II (b).

2.3. Trabajos de campo y laboratorio.

2.3.1. Ensayos de suelo en línea.

Se realizaron 40 sondeos de línea en toda la longitud del tramo (4.00 Kilómetros). Los sondeos consistieron en perforaciones manuales a cielo abierto, localizados uno a cada 100 metros, de forma alternada al centro y a ambos lados de la línea central. De los suelos se extrajeron 101 muestras de los diferentes estratos de suelos encontrados, las que fueron sometidas a las pruebas de laboratorio a fin de ser analizadas y determinar las características y las propiedades de los suelos existentes.

En cada sitio de sondeo, primeramente se hizo una clasificación de forma visual y al tacto, identificando las características del tipo de suelo encontrado de cada estrato. Todas las muestras extraídas de los sondeos de línea se homogenizaron y agruparon por tipos de suelos afines representativos de todos los tipos de suelos encontrados, para el tramo en estudio.

A estas muestras agrupadas, se les practicó los ensayos mostrados en **Anexos Tablas N°55, N°56 y N°57, Pág. de la IV a la VI**, para determinar su densidad máxima para obtener su capacidad de soporte (CBR) a diferentes grados de compactación (90, 95 y 100%). **(Ver Anexo Anexos Tablas N°58, N°59 y N°60 Pág. de la VII a la IX.**

2.4. Resultados de los ensayos.

El material de la capa superficial o de revestimiento existente en los caminos así como las capas subsiguientes de los sitios donde se encuentran tres o más de tres capas, es un material gravo arenoso con finos limosos o poco arcillosos que clasifican según el sistema de la AASHTO como A-2-6 (0), A-2-4 (0) y A-2-7 (0) principalmente, también una buena parte de ellos clasifican como A-1-a (0).

Las partículas más finas que el tamiz No.200 para todos estos materiales, por definición deben estar presentes en un máximo del 35%, sin embargo para la mayoría de las muestras analizadas se encuentran en cantidad menor o igual que 20% del peso total de dicha muestra.

Muchos de estos finos no poseen plasticidad y los que la presentan tienen límite líquido que alcanza como máximo el 70%. El promedio es del 31%, pero en general el valor que se obtiene es casi siempre menor de 45%. En cuanto al Índice Plástico (IP) el promedio es de 11%, casi siempre son menor de 20% y en unos pocos casos mayor de 20%, obviamente que estos son los mismos suelos que presentan el límite líquido máximo indicado.

Los materiales A-1-a (0), tienen resistencia o valor relativo soporte (CBR) en promedio de 51% y los A-2-6 (0), A-2-4 (0) y A-2-7 (0) del 25%, ambos medidos al 95% de su densidad seca máxima que también el promedio general es de 1760 Kg/m³.

Para los materiales Limo Arcillosos que están soportando los granulares anteriormente descritos, predominantemente clasifican como A-7-5 de índice de grupo variable pero por lo general menor de 20. También en menor proporción se encuentran suelos Limo Arcillosos que clasifican como A-6, para estos el índice de grupo de 1.

La superficie esta rugosa o gravosa ya que producto del tráfico y probablemente la escorrentía de agua superficial ha ocasionado la erosión o pérdida de finos que reducen el confort y calidad del tráfico, pero que aún presenta condiciones aceptables según nuestras observaciones y criterio geotécnico.

Respecto a la estructura existente en todo el tramo, se puede decir que se encuentran desde una hasta cuatro capas de materiales en el rango de profundidad máxima de exploración que fue de 1.50 metros y de acuerdo al buen juicio, criterios geotécnicos y experiencia del personal que realizó las actividades de muestreo mediante los sondeos manuales del camino.

Para la primera capa o superficial de revestimiento o rodadura, el espesor varía desde los 5 cm hasta los 45 cm máximos investigados, pero en promedio es de 35 cm.

Para detallar los tipos de suelos y su profundidad, en base al trabajo de campo y los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio se realizó los perfiles estratigráficos del sitio en estudio. **(Anexo Imágenes N°11, N°12, N°13, N°14, N°15, N°16 y N°17, Pág. de la X a la XIII).**

2.5. Fuente de materiales.

La otra actividad realizada durante la etapa investigativa de campo consistió en la localización de fuentes de materiales que pudieran ser usados durante la construcción de la nueva carretera en proyecto. Durante las inspecciones de campo se verificó la existencia de fuentes de materiales previamente utilizadas y se evaluaron las condiciones actuales de las mismas en cuanto a volumen de reserva y características geológico-geotécnicas generales del material existente.

En toda la zona del camino se detectaron 3 bancos de materiales. A continuación se presenta la **Tabla N° 4**.

Tabla N° 4: Bancos de Materiales identificados a lo largo del proyecto.

Banco	Juan A. Rodríguez	Jaime Chavarria	Adolfo Benavidez
Estacion	0+820	2+700	3+760
Dueño	Juan A. Rodríguez	Jaime Chavarria	Adolfo Benavidez
Volumen Aproximado (m ³)	62400.00	32400.00	55476.00
Uso Probable	Subbase,/Retroexcavadora	Relleno,/Retroexcavadora	Base, Subbase,/Retroexcavadora
Clasificación	A-1-b (0)	A-2-6 (0)	A-1-a (1)
Altura	20.00	15.00	18.00
Ancho	52.00	40.00	67.00
Largo	60.00	54.00	46.00

Fuente: Alcaldía Municipal de Condega –EDICO.

2.6. Resultados de los ensayos de Laboratorio realizados a los Bancos de préstamo.

En total fue se detectó la existencia de tres sitios con aparente presencia de materiales adecuados para el proyecto, siempre ubicados muy cerca o a orillas del camino. De tal manera que la selección de estos sitios investigados se hizo en base al que se observó con mejor calidad y mayor potencial de explotación.

A continuación se presentan en las **tablas N°5 y N°6**.

Tabla N° 5: Granulometría y Clasificación.

BANCO No.	ESTACION Km + m	Distancia del Camino (m, Izq/Der)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	GRANULOMETRIA										Límites		Clasificación AASHTO	
				3"	2"	1"	1/2"	3/4"	3/8"	4	10	40	200	LL	IP	Grupo	IG
No. 1 Juan A. Rodríguez	0+820	10 m. Izq	Grava Limosa con Arena	100	99	72	67	63	58	49	35	23	17	-	NP	A-1-b	0
No. 2 Jaime Chavarria	2+700	35 m. Der	Grava Arcillosa con Arena	100	98	76	71	64	60	57	46	28	15	38	16	A-2-6	0
No. 3 Adolfo Benavidez	3+760	20 m. Der	Grava Bien gradada con Limos y Arena	100	98	68	61	56	37	33	11	6	4	-	NP	A-1-a	0
Observaciones: IG=Índice de Grupo LL=Límite Líquido IP=Índice Plástico m = metros km = Kilómetros Izq= Izquierda Der= Derecha																	

Fuente: Alcaldía Municipal de Condega –EDICO.

Tabla N° 6: Resultados de Valor Soporte (CBR) en Bancos de Materiales.

BANCO No.	ESTACION Km + m	Distancia del Camino (m, Izq/Der)	Muestra No.	DESCRIPCION DEL MATERIAL	Clasificación AASHTO		Densidad Seca (kg/m³)	Humedad %	Valor de CBR (%)		
					Grupo	IG			90%	95%	100%
N° 1	0+820	10 m. Izq	1	Grava Limosa con Arena	A-1-b	0	2030	11.7	32	44	65
Juan A. Rodríguez											
N° 2	2+700	35 m. Der	1	Grava pobremente graduada con Arcilla y Arena	A-2-6	0	1922	13.1	26	32	38
Jaime Chavarria											
N° 3	3+760	20 m. Der	1	Grava Bien graduada con Limos y Arena	A-1-a	1	2189	9.5	58	73	88
Adolfo Benavidez											
Observaciones:											
IG=Índice de Grupo m = metros km = Kilometros Izq= Izquierda Der= Derecha											

Fuente: Alcaldía Municipal de Condega –EDICO.

El material del **banco N° 1 (Juan A. Rodríguez)**, no cumple con la sección 1003.23 II b. de la NIC - 2000 que indica, que para bases incluyendo las estabilizadas mecánicamente el CBR al 95% de compactación deberá ser 80% mínimo, pero si cumple para sub-base 40% mínimo. **(Ver tabla N° 7, pág. 16).**

El material del **banco N° 2 (Jaime Chavarría)**, accesible no cumple con la sección 1003.23 II b. de la NIC - 2000 que indica, que para bases incluyendo las estabilizadas mecánicamente el CBR al 95% de compactación deberá ser 80% mínimo, pero si cumple para sub-base 40% mínimo. **(Ver tabla N° 7, pág. 16).**

El material del **banco N° 3 (Adolfo Benavidez)**, accesible no cumple con la sección 1003.23 II b. de la NIC - 2000 que indica, que para bases incluyendo las estabilizadas mecánicamente el CBR al 95% de compactación deberá ser 80% mínimo, pero si cumple para sub-base 40% mínimo. **(Ver tabla N° 7, pág. 16).**

Tabla N° 7: Requisitos que debe cumplir cada Banco.

PRUEBA	Requerimiento mínimo NIC-2000	Banco N° 1	Valoración	Banco N° 2	Valoración	Banco N° 3	Valoración
Graduación	Cuadro 1003.10	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Desgaste	Máx. 50%	-	-	-	-	-	-
Índice de plasticidad	Máx. 10%	NP	Cumple	16%	No Cumple	NP	Cumple
CBR al 95% de AASHTO modificado (AASHTO T-180) y 4 días de saturación	Min. 80%	44%	No Cumple	32%	No Cumple	73%	No Cumple
Cuadro 1003.10 de NIC 2000, Requisitos graduación de agregados para el mejoramiento de la sub rasante.							
Tamiz (mm)	% que debe pasar por los tamices	Banco N° 1	Valoración	Banco N° 2	Valoración	Banco N° 3	Valoración
75	100	100	Cumple	100	Cumple	100	Cumple
4.75	30-70	49	Cumple	57	Cumple	33	Cumple
0.075	0-15	17	No Cumple	15	Cumple	4	Cumple

Fuente: Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes NIC-2000.

2.7. Estabilización con cemento de los materiales de Bancos de préstamos.

Los bancos de materiales descritos anteriormente no cumplen con la sección **1003.23 II b de la NIC - 2000** que indica, que para bases incluyendo las estabilizadas mecánicamente el CBR al 95% de compactación deberá ser 80% mínimo.

Debido a esto se recomienda estabilizar el material de los bancos con cemento Pórtland. El material que contienen dichos bancos deberán cumplir con las especificaciones para materiales naturales estabilizadas con cemento de la norma **Nic-2000 sección 1003.23-II.d.** Los ensayos determinan tres factores fundamentales para los suelos tratados con cemento:

- 1.- La cantidad de cemento necesario para endurecer adecuadamente al suelo.
- 2.- La cantidad de agua que se deberá agregar.
- 3.- El peso específico a que deberá compactarse el suelo-cemento.

Los resultados de las pruebas de resistencia de los materiales de los bancos de fueron realizados por la firma consultora EDICO (Estudios y Diseños Ingenieros Consultores), los cuales se presentan a continuación:

Tabla N° 8: Resultados de los materiales de bancos estabilizados con Cemento (Resistencia en Kg/cm²).

Nº del Banco	Nombre del Dueño del Banco	Resistencia a la Compresión (7 días) Kg/cm ²		
		% de Cemento		
		4%	5%	8%
1	Juan A. Rodríguez	11.45	19.20	23.67
2	Jaime Chavarría	11.32	18.85	22.12
3	Adolfo Benavidez	13.15	21.18	25.06
Observaciones: Kg/cm ² = Kilogramos / Centímetros cuadrados.				

Fuente: EDICO (Estudios y Diseños Ingenieros Consultores).

2.7.1. Material a utilizar para Base granular.

Para **Base granular** se decidió escoger el **banco N° 3**, ya que este cumple con la sección 1003.23-II d de la NIC-2000, que establece que la resistencia del suelo-cemento a los 7 días de edad por lo menos debe ser de 1800 KN/m² o 21 Kg/cm². Como se muestra en la tabla N°22 el **banco N° 3** cumple con este requerimiento ya que obtuvo una resistencia de 21.18 kg/cm² (5%), por lo que el material de este será utilizado como **base granular**.

Conversión de unidades kg/cm² a PSI para el valor de 21.18 kg/cm² correspondiente a la base estabilizada:

$$\left(21.18 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}\right) * \left(\frac{2.205 \text{ lb}}{1 \text{ kg}}\right) * \left(\frac{6.4516 \text{ cm}^2}{1 \text{ pulg}^2}\right) = 301.30 \text{ lb/pulg}^2 \quad [\text{Ecuacion N}^\circ 1]$$

2.7.2. Material para Sub-base granular.

Para **sub base granular** se decidió escoger el **banco N° 1** ya que este cumple con el requerimiento de la Nic-200, que establece que el material utilizado para sub-base debe tener un CBR al 95% de compactación debe ser de 40% mínimo, en este caso su CBR es 44% al 95%.

2.8. Determinación del CBR de la subrasante.

El valor de CBR de la subrasante es el más importante de definir, dado que a través de este se obtendrá el valor del Módulo de Resilencia (MR) a ser utilizado en el diseño. Existen muchos criterios para seleccionar el CBR adecuado, siendo el más utilizado el del Instituto del Asfalto que recomienda tomar un valor total percentil de los valores individuales obtenidos sean mayores o iguales que él, de acuerdo al tránsito que se espera que circule por el pavimento.

En este caso se toma un 75% como percentil para la resistencia ya que el total de ejes equivalentes (W18) es de **742, 441.00**.

Tabla N°9: Criterio del Instituto de Asfalto para determinar CBR de Diseño.

Cargas Equivalentes Totales (Esal's)	Percentil de Diseño (%)
< de 10,000 ESAL's	60
<u>Entre 10,000 y 1,000,000 ESAL's</u>	<u>75</u>
> de 1,000,000 ESAL's	87.5

Fuente: Instituto de Asfalto. (MS-1) 1,991.

2.7.1. Selección del CBR de diseño.

Para seleccionar el CBR de diseño se consideró la subrasante a una profundidad de 0.35 m de la superficie, primero se ordenan los valores de menor a mayor. Para cada valor numérico diferente de CBR, comenzando desde el menor, se calcula el número y el porcentaje de valores de CBR. Luego se dibujan los resultados en un gráfico CBR vs % de valores mayores o iguales.

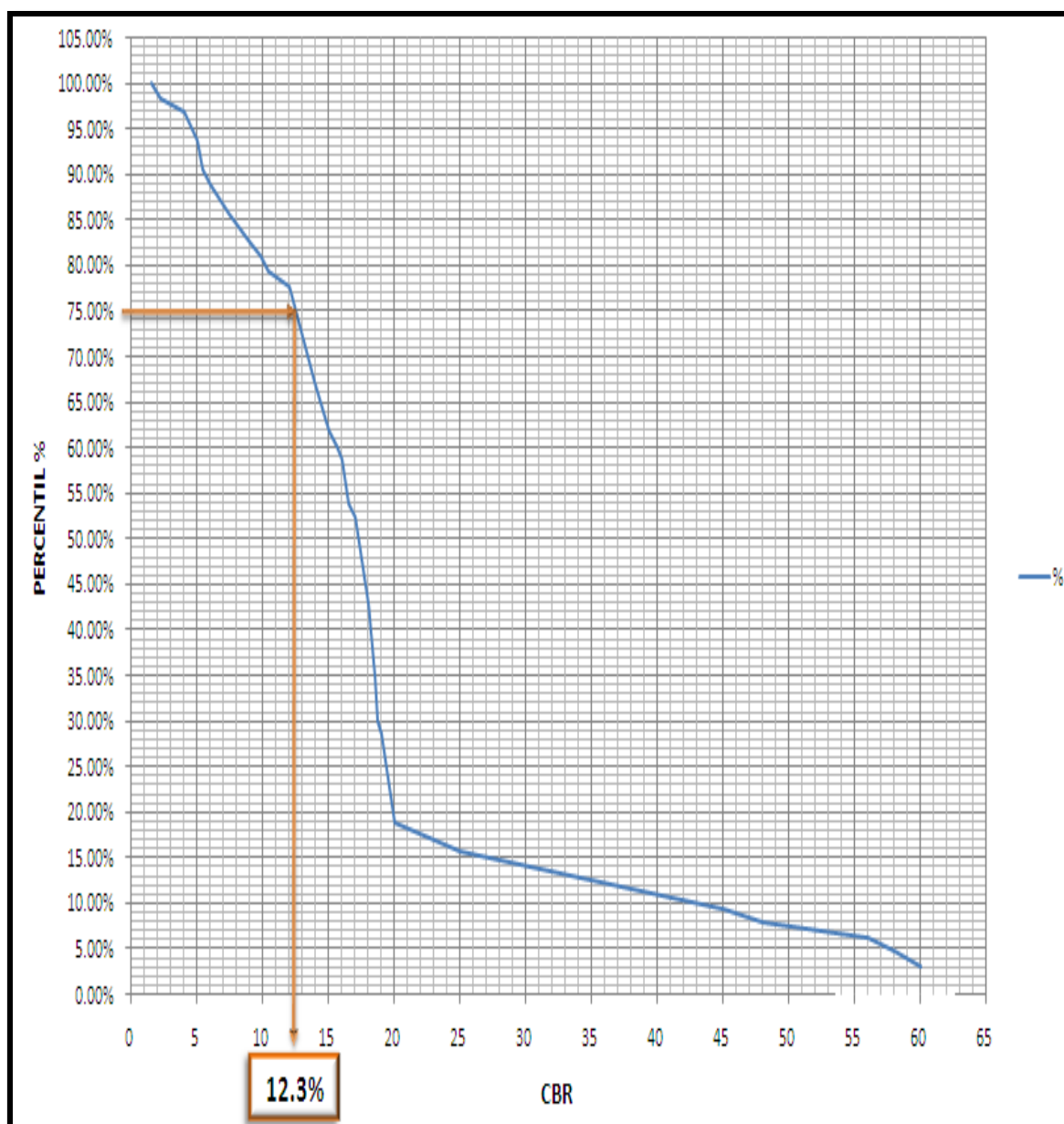
Tabla N° 9: Cálculo del CBR de Diseño.

Tipo de Suelo	CBR	Frecuencia	Cantidad de valores iguales o mayores	%
A-7-5	1.5	63	1	100.00%
A-7-5	2.2	62	1	98.41%
A-6	4	61	2	96.83%
A-7-5	5	59	2	93.65%
A-7-5	5.4	57	1	90.48%
A-7-5	6	56	2	88.89%
A-2-6	7.4	54	2	85.71%
A-7-5	9	52	1	82.54%
A-2-6, A-2-7	9.8	51	1	80.95%
A-2-6	10.4	50	1	79.37%
A-2-4	12	49	7	77.78%
A-2-6	14	42	3	66.67%
A-2-6, A-2-7	15	39	1	61.90%
A-2-4, A-2-6	15.6	38	1	60.32%
A-2-7	16	37	3	58.73%
A-2-4	16.5	34	1	53.97%
A-2-6	17	33	6	52.38%
A-2-6	18	27	5	42.86%
A-2-7	18.5	22	3	34.92%
A-2-6, A-2-7, A-2-4	18.7	19	1	30.16%
A-2-6, A-2-7	19	18	6	28.57%
A-2-6	20	12	2	19.05%
A-2-6, A-2-7	25	10	2	15.87%
A-2-6	35	8	2	12.70%
A-2-6	45	6	1	9.52%
A-2-6	48	5	1	7.94%
A-1-a	56	4	1	6.35%
A-1-a	58	3	1	4.76%
A-1-a	60	2	2	3.17%
Total de Valores de CBR utilizadas	63			

Fuente: Elaboración propia.

En base a estos datos de los resultados de los ensayos de línea se elabora el gráfico donde se determina el CBR de Diseño para la sub-rasante, resultando un valor igual a **12.3%**, ver **Gráfico N°1**. Este porcentaje refleja una muestra representativa de los valores del CBR encontrados en la línea.

Gráfico N°1: CBR de Diseño para la Sub-rasante.



Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III

ESTUDIO DE TRÁFICO

3.1. Metodología.

En este capítulo se dan a conocer los datos de tránsito, para el diseño de pavimento articulado y las consideraciones para el cálculo del tránsito de carril de diseño. Toda esta información permitirá determinar el espesor de pavimento que se requiere para soportar las cargas (Ejes equivalentes) que producirán dicho tránsito, considerando el periodo de diseño propuesto.

3.2. Recopilación de datos.

En esta etapa se realizó un aforo manual vehicular, los materiales y personal para llevar a cabo este aforo fueron los siguientes: tabla típica para la realización de aforo o conteo vehicular, cronómetro, lápiz, tres personas.

Para determinar de forma precisa el comportamiento vehicular del tramo en estudio, Se realizó un aforo de siete días de duración, comenzando la actividad a partir del día Lunes 21 de Noviembre del 2016 y concluyendo esta actividad el día Domingo 27 del 2016, realizando el conteo y clasificación vehicular de 12.0 horas continuas entre las 06:00 horas y las 18:00 horas durante los siete días. Para obtener resultados adecuados, se contó y clasificó el cien por ciento de los vehículos que circularan en ambas direcciones de la estación de conteo y clasificación vehicular.

La estación de Conteo Vehicular fue ubicada en una zona con adecuada visibilidad y con amplitud en los hombros, logrando captar el tráfico en ambos sentidos de la vía. El conteo se realizó en la estación 1+500 en el lugar conocido como El Paso Real. **(Ver Anexos Foto N°2, Pág. I).**

Tabla N° 10: Ubicación de Estación de Aforo de Tráfico.

Tramo: Condega –San Diego		
Estación N°	Ubicación	Días del Conteo Vehicular (12 Horas)
N° 1	El Paso Real, a 1.50 km de Intersección NIC. – 1 (Condega)	Lunes, martes, miércoles, jueves, viernes, sábado y domingo.

Fuente: Elaboración propia.

3.2.1. Hoja de Campo.

El aforo vehicular se realizó por medio del formato que aparece en el Anuario de Aforos de Tráfico emitido por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), donde se especifican los datos generales referentes al sitio donde se realizó el conteo: Nombre de la estación, sentido, fecha y nombre del aforador. Y contiene unos cuadros conformados de columnas correspondientes a las diferentes categorías de vehículos de la clasificación de tránsito nacional. **(Ver Anexos Tabla N°61, Pág. XIII).**

3.2.2. Clasificación de vehículos.

Para la clasificación de los vehículos, el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) ha designado la siguiente terminología para los vehículos que circulan a través de la infraestructura vial en el país. **(Ver Anexos Tablas N°69 y N°70, Págs. XVII y XVIII).**

Vehículos de pasajeros: Son destinados al transporte público de pasajeros de dos, cuatro, seis y más ruedas, incluyen microbuses pequeños, microbuses medianos, buses medianos y grandes.

Vehículos de carga: Son aquellos vehículos que se utilizan para transporte de mercancías sea esta carga seca o líquida.

Equipo pesado: Son los vehículos de construcción y los agrícolas.

Otros. Son remolques o tráiler pequeño halado por cualquier automotor o por tracción animal.

3.2.3. Clasificación del tipo de vehículo por la disposición de sus ejes.

La diversidad en las características de los vehículos que circulan sobre un pavimento durante su vida de diseño, traen como consecuencia un amplio espectro de ejes de cargas, con diferentes espacios entre llantas y distintas presiones de inflado, lo que origina una amplia gama de esfuerzos y deformaciones aplicados a un determinado punto de la estructura.

Se ha clasificado el tipo de vehículos de acuerdo con el número y disposición de sus ejes de la forma que se muestra en el Diagrama de Cargas Permisibles en este caso vigente (**Ver Anexos Tablas N°74 y N°75, Págs. XX y XXI**).

3.3. Procesamiento de datos.

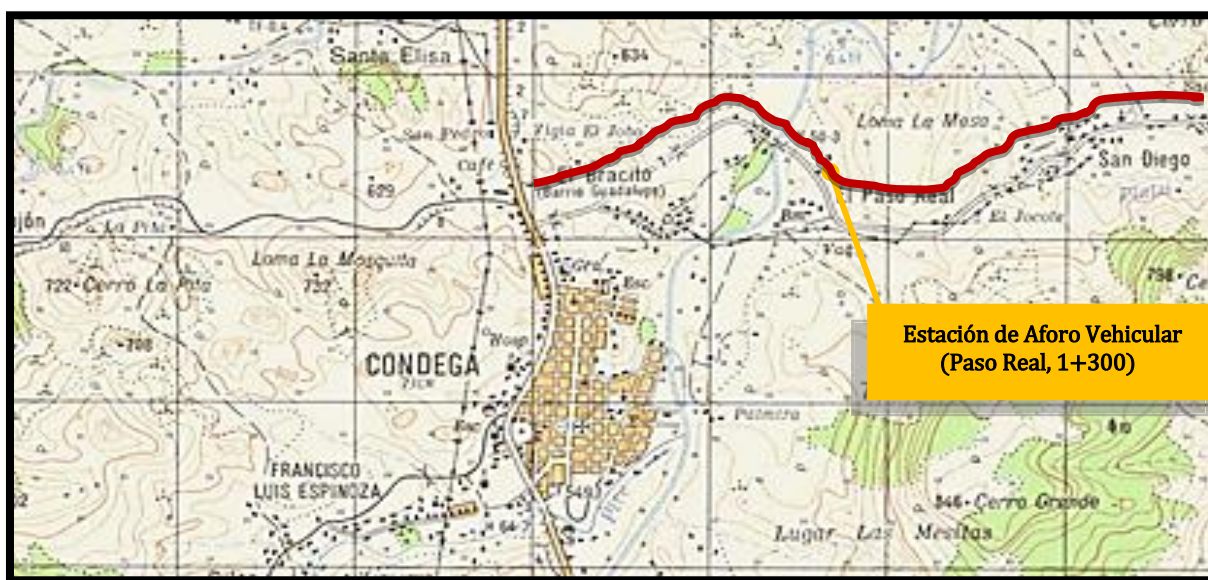
Esta es la fase de trabajo de gabinete en la cual se aplicaron los diferentes métodos para obtener los mejores resultados.

Se procesaron los datos recolectados del aforo vehicular. Actividad que corresponde a los trabajos de gabinete, los cuales se ingresaron en hojas del programa Microsoft Excel. El conocimiento más exacto que se pueda obtener de este estudio es indispensable para la correcta elaboración de cálculos de espesores de pavimento de este tramo de vía.

3.3.1. Tránsito Promedio Diurno semanal (TPDsemanal).

El Aforo Vehicular se realizó en la Estación 1+500 (El Paso Real). La cual en la **Imagen N° 4** se muestra a continuación:

Imagen N° 4: Ubicación de la estación de aforo vehicular.



Fuente: Ficha Municipal de la Alcaldía Municipal de Condega.

Para la cuantificación del tránsito promedio diario semanal, se realizó un aforo vehicular de 7 días, con un período de 12.00 horas continuas por día. Para calcular el Transito Promedio Diario semanal, se utilizó la **ecuación N° 2**:

$$\text{TPDsemanal} = \frac{\text{Cantidad Total por tipo de Vehiculos}}{\text{Cantidad de días del Aforo}} \quad [\text{EcuacionN}^\circ 2]$$

Sustituyendo los valores en la [EcuacionN° 1], se obtiene un resultado de 15 motos en el día (12 horas) en ambos sentidos:

$$\text{TPDsemanal} = \frac{102 \text{ motos}}{7 \text{ días}} = 15 \text{ motos/día}$$

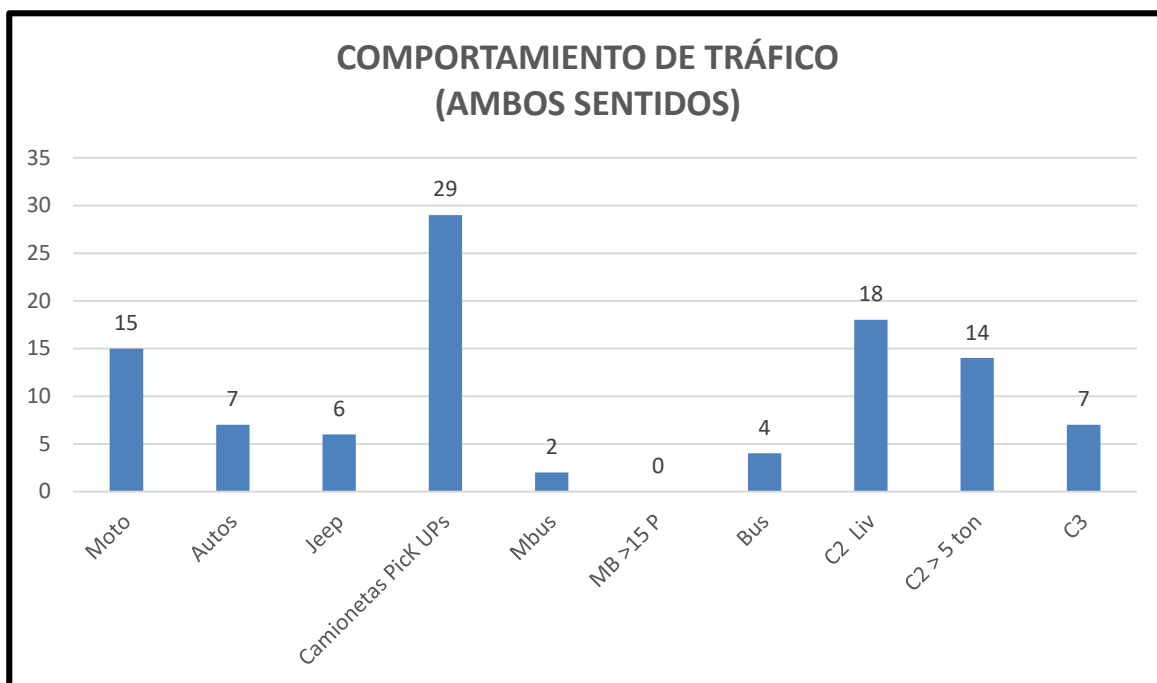
En la **Tabla N° 11** se muestra el resumen semanal por tipología de vehículo de 12 horas diurnas en ambos sentidos, la cual se presenta a continuación:

Tabla N° 11: Resumen de aforo vehicular de 12 horas.

Estación 1+500(El Paso Real).											
Tipo de Vehículo	Vehículos Livianos				Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga			Total
Día	Motos	Autos	Jeep	Cta	Mbus	Mb> 15 P	Bus	Liv C2	C2	C3	
Lunes	10	0	4	26	0	0	3	6	11	5	65
Martes	17	2	6	33	1	0	4	24	14	9	110
Miércoles	15	3	9	35	3	0	4	30	21	9	129
Jueves	16	3	10	40	5	0	4	34	24	10	146
Viernes	15	2	6	22	1	0	3	5	7	5	66
Sábado	7	1	4	24	2	0	3	14	11	5	71
Domingo	22	33	2	22	0	0	4	8	7	1	99
Total	102	44	41	202	12	0	25	121	95	44	686
TPDS (Vehículos/12 hrs)	15	7	6	29	2	0	4	18	14	7	102

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 2: Comportamiento del tráfico Promedio Diario Semanal.



Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en el Gráfico N° 2 del comportamiento del tráfico en ambos sentidos, la mayoría corresponde camionetas, con 29 por día, le siguen los C2 Livianos con 18 por día y después las motos con 15 por día.

3.3.2. Determinación del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).

Para ello se revisó el tráfico histórico de la Estación de Corta Duración N° 111 (Condega – Shell Palacagüina), que es la más cercana al tramo la cual tiene registros en los años 2008, 2009, 2011, 2012 y 2015; mientras que la Estación de Mayor Cobertura N°107 (Sébaco – Empalme San Isidro), posee registros continuos desde el año 2004 hasta el 2015. **(Ver Anexos Tabla N°71, Pág. XIX).**

Se decidió utilizar la estación N°107 debido en el Anuario de Tráfico del 2015 emitido por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), no se encontraron factores de ajuste para la ECD N° 111 (Condega – Shell Palacagüina).

El TPDA se obtuvo en base a los resultados del Tránsito promedio diario semanal, dichos valores fueron modificados por factores de ajuste, obtenidos a partir de la estación de mayor cobertura N°107(Sébaco – Empalme San Isidro).
(Ver Anexos Tabla N°73, Pág. XX).

Tabla N° 12: Factores de ajustes para la EMC Sébaco- Empalme San Isidro.

Camino: NIC-1	Estación 107 Tramo: Sébaco – Empalme San Isidro Tercer cuatrimestre (Septiembre- Diciembre)								
Tipo de Vehículo	Motos	Autos	Jeep	Cam.	MicBus	Bus	C2 Liv	C2	C3
Factor Día	1.33	1.31	1.26	1.24	1.29	1.21	1.29	1.47	1.41
Factor Semana	0.96	0.98	0.99	0.92	0.98	0.97	0.86	0.88	0.88
Factor Fin de Semana	1.12	1.06	1.02	1.28	1.05	1.07	1.68	1.55	1.50
Factor Temporada	1.23	1.19	1.20	1.23	1.26	1.07	1.08	1.35	1.23

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico, MTI (Año 2015).

Como se muestra en la tabla anterior debido a que el aforo se realizó durante los 7 días para el cálculo del TPDA, solo se utilizaran el factor Día para pasar de 12.00 horas a 24.00 horas y el factor Temporada para expansión a TPDA . Dado que se realizó un aforo de una semana no se utiliza factor semana, ni el factor fin de semana.

A continuación se muestra el cálculo del tráfico promedio diario anual (TPDA), haciendo uso de los factores de expansión del anuario de tráfico y del conteo vehicular obtenido del aforo. Para calcular el Tráfico Promedio Diario Anual se utilizó la **ecuación N°3**:

$$TPDA = TD_{12H} * Fd * Ft \quad [Ecuacion N^{\circ} 3]$$

Dónde:

TD₁₂: Tráfico promedio diario 12 horas.

Fd: Factor día.

Ft: Factor temporada (Expansión a TPDA).

Sustituyendo los valores en la [EcuacionNº 3], se obtiene un Transito Promedio Diario Anual de:

$$TPDA = 15 * 1.33 * 1.23$$

$$TPDA = 25 \text{ Motos/día}$$

$$TPDA = 7 * 1.31 * 1.19$$

$$TPDA = 11 \text{ Autos/día}$$

$$TPDA = 6 * 1.29 * 1.20$$

$$TPDA = 10 \text{ Jeeps/día}$$

$$TPDA = 29 * 1.27 * 1.23$$

$$TPDA = 46 \text{ Camionetas/día}$$

$$TPDA = 2 * 1.23 * 1.26$$

$$TPDA = 4 \text{ Mbus/día}$$

$$TPDA = 4 * 1.24 * 1.07$$

$$TPDA = 6 \text{ Buses/día}$$

$$TPDA = 18 * 1.31 * 1.08$$

$$TPDA = 26 \text{ C2 Liv/día}$$

$$TPDA = 14 * 1.49 * 1.35$$

$$TPDA = 29 \text{ C2/día}$$

$$TPDA = 7 * 1.48 * 1.23$$

$$TPDA = 13 \text{ C3/día}$$

En la **Tabla Nº13** se muestra el resumen del cálculo de TPDA por tipología de vehículo, la cual se presenta a continuación:

Tabla Nº 13: Resultados obtenidos del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) aplicando los factores de ajustes.

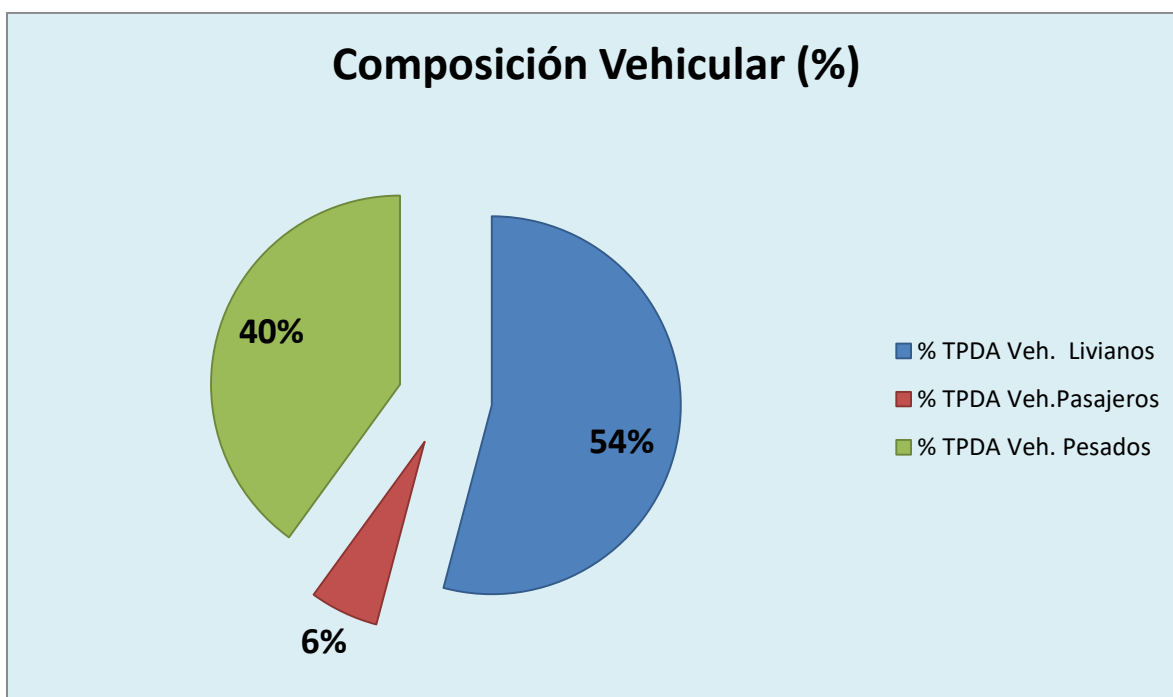
Factor / Tipo de Vehículo	Vehículos Livianos				Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga			total
	Moto	Autos	Jeep	Cta	Mbus	Mb> 15 P	Bus	C2Liv	C2	C3	
TPD semanal	15	7	6	29	2	0	4	18	14	7	102
FACTOR DIA	1.33	1.31	1.29	1.27	1.23	1.16	1.24	1.31	1.49	1.48	
FACTOR EXPANSION	1.23	1.19	1.20	1.23	1.26	0.89	1.07	1.08	1.35	1.23	
TPDA	25	11	10	46	4	0	6	26	29	13	170
% TPDA	14.7%	6.5%	5.9%	27.1%	2.4%	0.0%	3.5%	15.3%	17.1%	7.6%	100.0%
	% TPDA Veh. Livianos= 54%				% TPDA Veh. Pasajeros= 6%			% TPDA Veh. Pesados= 40%			

Fuente: Elaboración propia.

3.3.3. Clasificación vehicular promedio.

En el tramo de Condega hacia San Sebastián Diego, la estación N° 1 Estación 1+500 (El Paso Real), registró un TPDA de **170 vehículos/día**, con una composición vehicular donde la mayoría corresponde a vehículos livianos con el 54%, los de transporte colectivo de pasajeros representan el 6 %, los camiones de carga son el 40 %, como se muestra en el siguiente diagrama:

Gráfico N° 3: Composición Vehicular Promedio.



Fuente: Elaboración propia.

3.3.4. Tasas de crecimiento.

Teniendo como perspectiva que nuestro país está en vías de desarrollo, es necesario tener en cuenta el crecimiento vehicular del tramo en estudio, el crecimiento de la población, el Producto Interno Bruto (PIB) y las condiciones actuales que está viviendo el país y el resto del mundo, que en común se ve afectado por la crisis económica (variaciones del precio del petróleo, crisis financiera, etc.).

Las tasas de crecimiento interanual se calcularon usando la **ecuación N°4**, se han tomado los datos históricos del TPDA de la Estación de Mayor Cobertura N°107, datos poblacionales, y el Producto Interno Bruto (PIB) de los últimos 12 años. **(Ver Anexos Tabla N°72, Pág. XIX).**

$$TC = \left[\left(\frac{Año_n}{Año_{n+1}} \right) - 1 \right] * 100 \quad [Ecuacion N^o 4]$$

Dónde:

TC: Tasa de crecimiento.

Año n: Año actual.

Año n-1: Año anterior.

3.3.4.1. Determinación de la tasa de crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB).

Partiendo de la información disponible en el Banco Central de Nicaragua en su informe 2014, se elaboró una tabla donde se aprecia el comportamiento histórico del Producto Interno Bruto (PIB), desde el año 2004 al año 2014.

Según los anuarios históricos del Banco Central de Nicaragua (BCN) desde el año 2004 hasta 2014 el crecimiento promedio del PIB, fue de 10.8%, según el comportamiento de los datos analizados mostrados a continuación:

Las tasas de crecimiento interanual se calcularon usando la **ecuación N° 4**.

Tabla N° 14: Evolución histórica del PIB.

Producto Interno Bruto (PIB en millones de dólares \$)		
AÑO	PIB	TCA
2004	4,464.7	
2005	4,872.0	9.12
2006	6786.3	39.29
2007	7458.1	9.90
2008	8491.4	13.85
2009	8380.7	-1.30
2010	8741.3	4.30
2011	9755.6	11.60
2012	10439	7.01
2013	10875	4.17
2014	11790	8.42
2015	12693	7.65
PROMEDIO	8,729	10.8

Fuente: Anuario Estadístico Banco Central de Nicaragua (año 2015).

3.3.4.2. Tasas de crecimiento vehicular.

La tasa de crecimiento vehicular varía dependiendo del tipo de vehículo, la determinación de las mismas se realiza a partir de series históricas de tráfico, en base a estudios anteriores del tramo u otras vías de naturaleza similar o que están cercanas al tramo en estudio.

Se revisó el tráfico histórico de los últimos 12 años de la Estación más cercana al tramo en estudio es la Estación de corta duración N° 111 (Período de 2004-2015) y de la Estación de Mayor Cobertura N°107 (Período de 2004-2015).

Para la Estación de corta duración N° 111 en la cual se puede notar la discontinuidad en los registros de datos, se obtiene un TPDA promedio de 2,764 vehículos por día, según los datos del Anuario de Tráfico 2015 de los últimos 12 años.

Tabla N° 15: Historial del Tránsito ECD N° 111.

TPDA (Transito Promedio Anual)		
AÑO	TPDA	TCA
2004	1979.0	
2005	2110.0	6.62
2006	2621.0	24.22
2007	2608.0	-0.50
2008	2955.0	13.31
2009	2880.0	-2.54
2010		
2011	2740.0	-4.86
2012	2622.0	-4.31
2013		
2014		
2015	4361.0	66.32
PROMEDIO	2,764	12.28

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), Anuario de Aforos de tráfico (año 2015).

Las tasas de crecimiento interanual se calcularon usando la **ecuación N° 4**, según el comportamiento de los datos analizados mostrados a continuación; para la Estación de Mayor Cobertura N°107 se obtiene un TPDA promedio de 4,589 vehículos por día, con una tasa de crecimiento anual promedio de 5.2%, según los datos del Anuario de Tráfico 2015 de los últimos 12 años.

Tabla N° 16: Historial del Tránsito EMC N° 107.

TPDA(Transito Promedio Anual)		
AÑO	TPDA	TCA
2004	3,622	
2005	3,405	-5.99
2006	3,849	13.04
2007	3,853	0.10
2008	4,092	6.20
2009	4,101	0.22
2010	4,334	5.68
2011	4,517	4.22
2012	4,843	7.22
2013	4,954	2.29
2014	5,350	7.99
2015	5,994	12.04
PROMEDIO	4,589	5.2

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), Anuario de Aforos de tráfico (año 2015).

3.3.4.3. Tasa de Crecimiento Poblacional.

La tasa de crecimiento poblacional se analiza con base a los datos publicados por el Banco Central de Nicaragua (BCN).

De acuerdo al comportamiento de los datos analizados mostrados se obtiene un promedio poblacional 5,866 millones de habitantes con una tasa de crecimiento anual promedio de 1.4%.

Las tasas de crecimiento poblacional interanual se calculan usando la **Ecuación N°4**, los resultados se muestra a continuación:

Tabla N° 17: Tasa de crecimiento poblacional.

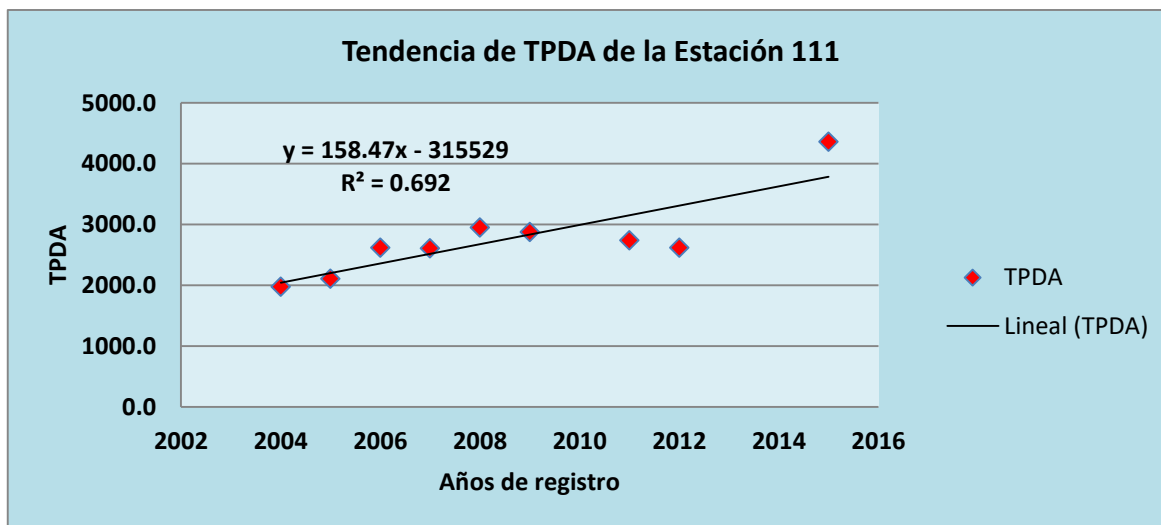
Población(Miles)		
AÑO	POBLACION	TCA
2004	5,380.5	
2005	5,450.4	1.30
2006	5638.0	3.44
2007	5707.9	1.24
2008	5778.8	1.24
2009	5850.5	1.24
2010	5923.1	1.24
2011	5996.6	1.24
2012	6071.0	1.24
2013	6134.3	1.04
2014	6198.2	1.04
2015	6262.7	1.04
PROMEDIO	5,866	1.4

Fuente: Anuario Estadístico Banco Central de Nicaragua (año 2015).

3.3.5. Correlaciones para encontrar tasa de crecimiento a usar.

En la **Gráfico N°4** se muestra la representación gráfica con la ecuación de correlación del TPDA la Estación de Corta duración N° 111 (Condega – Shell Palacagüina), en el período 2004 – 2015.

Gráfico N°4: Tendencia de TPDA de la Estación 111.

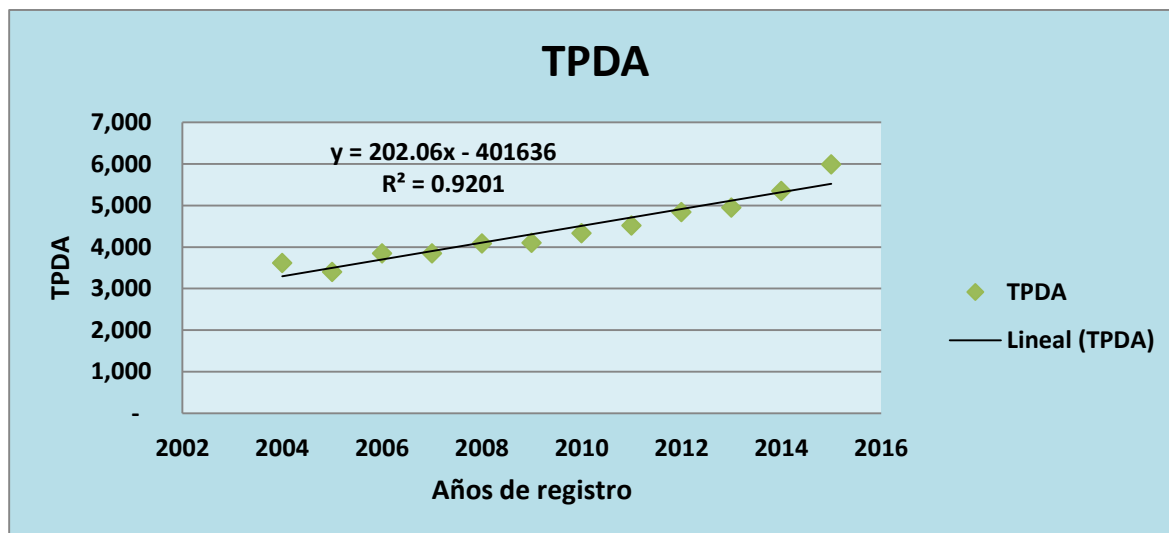


Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que, el factor de determinación (R^2) es igual a **0.692**, esto indica que no existe buena correlación entre las variables, por lo que no puede ser utilizada dicha estación de conteo ya que el factor es menor que 0.75, por lo tanto, no cumple.

Procedemos a trabajar con la Estación N° 107, en la **Gráfico N°5** se muestra la representación gráfica con la ecuación de correlación del TPDA la Estación de Corta duración N° 107 (Sébaco – Empalme San Isidro), en el período 2004 – 2015, por ser la estación de conteo permanente más cercana al tramo en estudio, por lo que se asume que el tráfico tendrá un comportamiento similar.

Gráfico N°5: Tendencia de TPDA de la Estación 107.



Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que, el factor de determinación (R^2) es igual a **0.920**, esto indica que existe buena correlación entre las variables, por lo que puede ser utilizada dicha estación de conteo ya que el factor es mayor que 0.75, por lo tanto, cumple.

Para realizar las correlaciones con los registros históricos del Producto Interno Bruto (PIB), Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) y Población se utilizara la EMC 107 por poseer un excelente correlación de 92.0%, los datos se muestran en la **tabla N°18..**

Se procede a aplicar Logaritmo Natural a los listados Históricos de PIB, TPDA y de Población para tratar de mejorar el coeficiente de determinación (R^2).

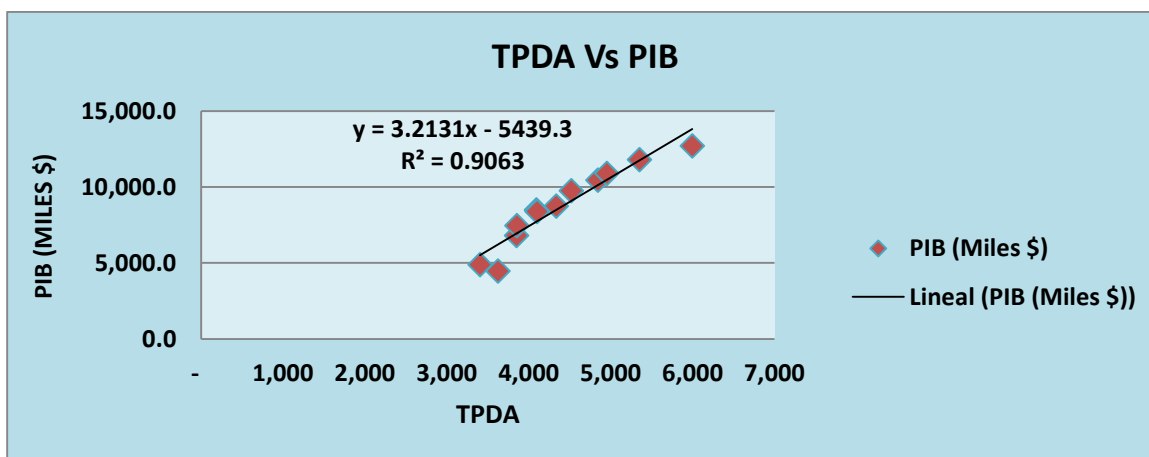
Tabla N° 18: Registros históricos del PIB, TPDA y Población.

Año	PIB (millones \$)	TPDA EMC N°107	Población (miles)	Ln PIB (millones \$)	Ln TPDA EMC N°107	Ln Población (miles)
2004	4,464.7	3,622	5,380.5	8.40	8.19	8.59
2005	4,872.0	3,405	5,450.4	8.49	8.13	8.60
2006	6786.3	3,849	5638.0	8.82	8.26	8.64
2007	7458.1	3,853	5707.9	8.92	8.26	8.65
2008	8491.4	4,092	5778.8	9.05	8.32	8.66
2009	8380.7	4,101	5850.5	9.03	8.32	8.67
2010	8741.3	4,334	5923.1	9.08	8.37	8.69
2011	9755.6	4,517	5996.6	9.19	8.42	8.70
2012	10439	4,843	6071.0	9.25	8.49	8.71
2013	10875	4,954	6134.3	9.29	8.51	8.72
2014	11790	5,350	6198.2	9.38	8.58	8.73
2015	12693	5,994	6262.7	9.45	8.70	8.74

Fuente: Elaboración propia.

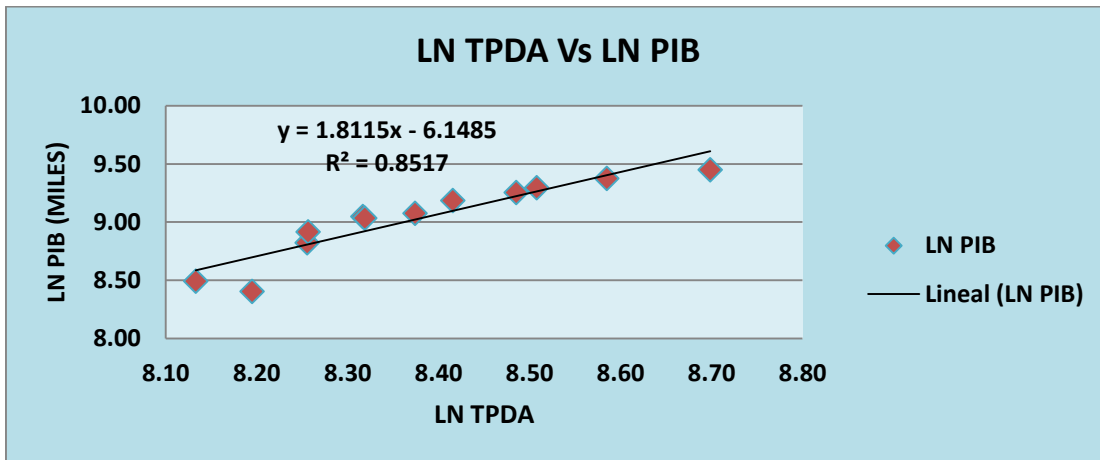
El proceso de revisión parte del cálculo del logaritmo de los registros históricos, con ellos se elaboran rectas de regresión y se calcula el coeficiente de correlación entre las variables, mientras más cercano al 100% sea, indicara una mejor correlación entre las variables.

Gráfico N°6: Correlación TPDA – PIB.



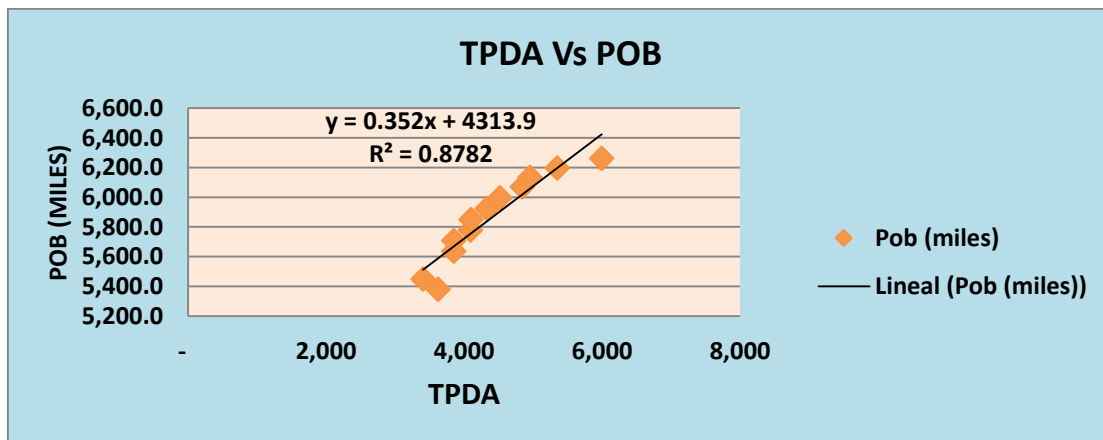
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N°7: Correlación LN TPDA – LN PIB.



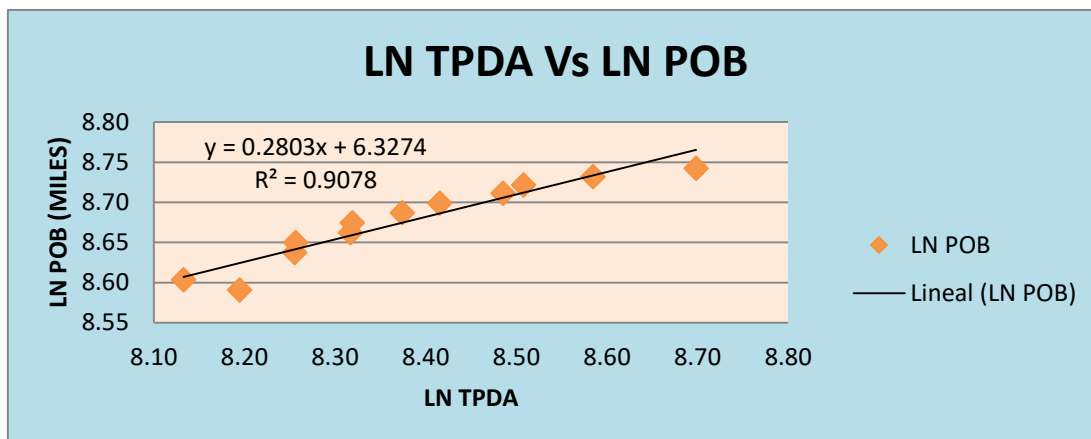
Fuente: Elaboración propia.

GráficoN°8: Correlación TPDA – Población.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N°9: Correlación LN TPDA – LN Población.



Fuente: Elaboración propia.

Al comparar los datos de cada variable indica lo siguiente:

1. La correlación entre TPDA y PIB es del 90.6%, con una elasticidad de 3.213, ver Gráfico N°6.
2. La correlación entre Ln TPDA y Ln PIB es del 85.1%, con una elasticidad de 1.811, ver Gráfico N°7.
3. La correlación entre TPDA y POB es del 87.8%, con una elasticidad de 0.352, ver Gráfico N°8.
4. La correlación entre Ln TPDA y Ln POB es del 90.7%, con una elasticidad de 0.280, ver Gráfico N°9.

Dado que la elasticidad es un coeficiente constante que se muestran en cada uno de las figuras anteriores, se utilizara la elasticidad de **3.213** de el **Gráfico N°6** ya que tiene un mejor coeficiente de determinación R^2 (90.6%), y la elasticidad de **0.280** de el **Gráfico N°9** ya que tiene un mejor coeficiente de determinación R^2 (90.7%).

A partir de estas series históricas, se procede a calcular la tasa de crecimiento para cada variable aplicando la expresión matemática **N°5**:

$$TC_{TPDA} = \left[\left(\frac{TPDA_i}{TPDA_o} \right)^{1/n} - 1 \right] * 100 \quad [Ecuacion N^{\circ} 5]$$

Dónde:

TPDA_i: Tráfico Promedio Diario Anual.

TPDA_o: Tráfico Promedio Diario Anual del año base.

N: La diferencia de años.

$$TC_{PIB} = \left[\left(\frac{12,692.5}{4,464.7} \right)^{1/12} - 1 \right] * 100 = 9.10\%$$

$$TC_{TPDA} = \left[\left(\frac{5,994.0}{3,622.0} \right)^{1/12} - 1 \right] * 100 = 4.29\%$$

$$TC_{POB} = \left[\left(\frac{6,262.7}{5,380.5} \right)^{1/12} - 1 \right] * 100 = 1.27\%$$

Al aplicar la **ecuación N° 6**, se afectan las tasas de crecimiento para el Producto Interno Bruto (PIB) y Población, con las elasticidades anteriormente calculadas:

$$TC = TC * Elasticidad \quad [Ecuacion N^{\circ} 6]$$

Entonces las tasas de crecimiento resultante son:

$$TC_{PIB} = 9.10 \% * 3.213 = 29.23\%$$

$$TC_{Pob} = 1.27 \% * 0.280 = 0.36\%$$

Tabla N° 19: Tasas de crecimientos finales.

TASA DE CRECIMIENTO VEH. PASAJEROS	0.36%	Demasiado Baja
TASA DE CRECIMIENTO VEH. PESADOS	29.23%	Demasiado Alta
TASA DE CRECIMIENTO TPDA	4.29%	tasa a utilizar

Fuente: Elaboración propia.

3.4. Análisis de la información obtenida.

Es el proceso mediante el cual se hace uso de los criterios para comprender de mejor manera los resultados obtenidos del aforo vehicular.

3.4.1. Análisis de la tasa de crecimiento a Utilizar.

Tomando en cuenta que nuestro país se encuentra en vías de desarrollo y considerando el crecimiento del producto interno bruto (PIB), el crecimiento poblacional y vehicular del tramo en estudio, las condiciones actuales de nuestro país y el resto del mundo que se ven afectados por crisis económica; se utilizará una Tasa Anual de Crecimiento (TAC) del 4.29%, la cual se considera como tasa de crecimiento estable y conservadora dentro de la economía del país, sin embargo esta tasa de crecimiento puede sufrir incremento o decremento debido a las posibles variaciones económicas que pueda presentar la economía mundial.

3.5. Proyección del tránsito.

Para realizar la proyección del tránsito vehicular es necesario contar con cierta información tales como: el volumen de vehículos para el año de inicio del proyecto (tránsito inicial), la tasa de crecimiento vehicular de la zona de estudio, además del período que se pretende proyectar (período de diseño). Todas estas consideraciones se hacen con el propósito de estimar el volumen de tránsito al cual será sometida la estructura de pavimento durante el período de diseño.

3.5.1. Periodo de Diseño (N).

Es la cantidad de años para la cual será diseñada la estructura de pavimento, por lo general varía dependiendo del tipo de carretera. De acuerdo a las características geométricas de la vía y al volumen actual de tránsito que circula por ella, la carretera en estudio la podemos clasificar de acuerdo a su función vial como colectora rural, por lo tanto elegimos un valor de **20 años** para el período de diseño, de acuerdo a los valores que recomendados por el Manual Centroamericano (Sieca 2004).

A continuación se presenta la **Tabla N°20**.

Tabla N° 20: Período de diseño (N).

Tipo de carretera	Período de diseño
Autopista Regional	20 – 40 años
Troncales Sub-Urbanas	15 – 30 años
Troncales Rurales	
Colectoras Sub-Urbanas	
<u>Colectoras Rurales</u>	<u>10 – 20 años</u>

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para Diseño de Carreteras Regionales, SIECA 2004.

3.5.2. Factores de distribución de dirección (FD).

Este valor se puede deducir del estudio de tránsito (conteo), es la relación entre la cantidad de vehículos que viajan en una dirección y la cantidad de vehículos que viajan en la dirección opuesta, por lo general es **0.50**, ya que la cantidad de vehículos es la misma en ambos sentidos aunque hay casos en que puede ser mayor en una dirección que en otra.

Tabla N° 21: Factor de Distribución por Dirección.

Número de carriles en ambas direcciones	Factor direccional (%)
<u>2</u>	<u>50</u>
4	45
6 ó mas	40

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño de Carreteras (SIECA).

3.5.3. Factor de distribución por carril (Fc).

Se define por el carril de diseño aquel que recibe el mayor número de ESAL's. Para un camino de dos carriles, cualquiera de las dos puede ser el carril de diseño, ya que el tránsito por dirección forzosamente se canaliza por ese carril. Para caminos de varios carriles, el de diseño será el externo, por el hecho de que los vehículos pesados van en ese carril.

Para el caso del tramo en estudio por ser de un solo carril por sentido, dicho factor a usarse será igual a **1.00**. Considerando los valores recomendados por la SIECA 2004.

Tabla N° 22: Factor de distribución por dirección (FD).

Número de carriles en una sola dirección	LD ¹⁰
<u>1</u>	<u>1.00</u>
2	0.80-1.00
3	0.60-0.80
4	0.50-0.75

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para Diseño de Carreteras Regionales, SIECA 2004.

3.5.4. El Índice de Serviciabilidad Inicial (Po).

Es función del diseño de pavimentos y del grado de calidad durante la construcción. El valor establecido en el Experimento Vial de la AASHO para los pavimentos flexibles fue de 4.2 según el manual SIECA Capítulo 3 Pág. 4.

En el Diseño de la Estructura de Pavimento articulado del tramo de carretera de Condega-San Diego se trabajara con un valor de **Po=4.2**.

3.5.5. El Índice de Serviciabilidad Final (Pt).

Es el valor más bajo que puede ser tolerado por los usuarios de la vía antes de que sea necesario el tomar acciones de rehabilitación, reconstrucción o repavimentación, y generalmente varía con la importancia o clasificación funcional de la vía cuyo pavimento se diseña, y son normalmente los siguientes:

Para vías locales, ramales, secundarias y agrícolas se toma un valor de $pt = 1.8-2.0$ según el manual SIECA Capítulo 3 Pág. 4.

En el Diseño de la Estructura de Pavimento articulado del tramo de carretera de Condega-San Diego se trabajara con un valor de **Pt=2.0**.

3.5.6. Pérdida de Serviciabilidad ((ΔPSI).

Es la diferencia que existe entre la serviciabilidad inicial y la serviciabilidad final. Entre mayor sea el ΔPSI mayor será la capacidad de carga del pavimento antes de fallar, calculado con la siguiente **ecuación N°7**:

$$\Delta PSI = P_o - P_t \quad [\text{Ecuación N}^\circ 7]$$

En el Diseño de la Estructura de Pavimento articulado del tramo de carretera de Condega-San Diego se trabajara con un valor de:

$$\Delta PSI = 4.2 - 2$$

$$\Delta PSI = 2.2$$

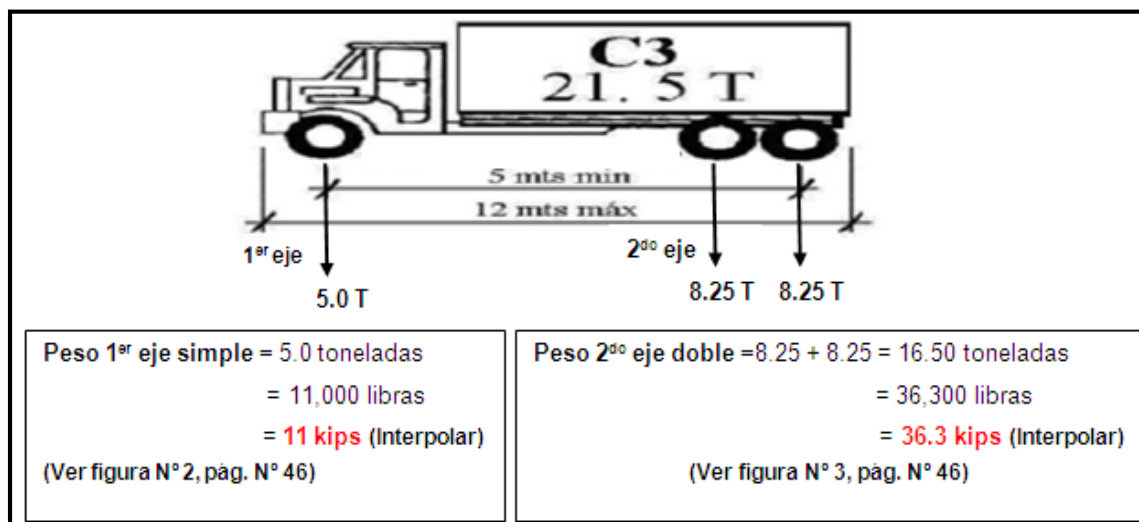
3.5.7. Número Estructural Asumido (SN).

Es un número abstracto que expresa la resistencia estructural de un pavimento requerido. El **SN** es utilizado para calcular el ESAL o W18 (cantidad de repeticiones esperadas de un eje de carga equivalente de 18 mil libras), se debe de asumir un valor inicial de SN. Para este Diseño se considera un valor **SN= 5**.

3.5.8. Factor de Equivalencia (FESAL).

Se obtiene las tablas de la AASHTO-93 apéndice D. (**Ver Anexos Tablas N°76 y N°77, Págs. XXII y XXIII**), para ejes Sencillos y Dobles respectivamente. Conociendo la serviciabilidad final ($P_t=2.0$), el número estructural asumido ($SN=5$) y los pesos (las cargas se encuentran en Kips) se obtienen los factores de equivalencia. Si los pesos de los ejes no se encuentran en estas Tablas se deben de Interpolar dichos valores. (**Ver Figuras N°1, N°2 y N°3, pág. N° 46**)

Imagen N° 5: Ejemplo de Peso x ejes (Kips) Camión C3.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura N°1: Interpolación de factores equivalentes, ejes Sencillos.
(Kips 2.2 y kips 4.4).**

Carga(Kips)		ESAL		Carga(Kips)		ESAL
2	=	0.0002		4	=	0.002
2.2	=	X		4.4	=	X
4	=	0.002		6	=	0.009
2	=	0.0018		2	=	0.007
0.2	=	X-0.0002		0.4	=	X-0.002
x= 0.00038				x= 0.0034		

Fuente: Elaboración propia.

**Figura N°2: Interpolación de factores equivalentes ejes Sencillos.
(Kips 8.8, kips 11 y kips 17.6).**

Carga(Kips)		ESAL		Carga(Kips)		ESAL		Carga(Kips)		ESAL
8	=	0.031		10	=	0.079		16	=	0.603
8.8	=	X		11	=	X		17.6	=	X
10	=	0.079		12	=	0.174		18	=	1.000
2	=	0.048		2	=	0.095		2	=	0.397
0.8	=	X-0.031		1	=	X-0.079		1.6	=	X-0.603
x= 0.0502				x= 0.1265				x= 0.9206		

Fuente: Elaboración propia.

**Figura N°3: Interpolación de factores equivalentes, ejes Sencillos Ejes Dobles.
(Kips 36.3).**

Carga(Kips)		ESAL
36	=	1.38
36.3	=	X
38	=	1.73
2	=	0.35
0.3	=	X-1.38
x= 1.43		

Fuente: Elaboración propia.

3.5.9. Factor de crecimiento (fc).

El factor de crecimiento indica la medida en como aumentará el tránsito conforme pase el tiempo y está determinado por el período de diseño y la tasa anual de crecimiento vehicular. Este factor se determina utilizando la **ecuación N°8**:

$$F_C = \frac{[(1 + T_C)^n - 1]}{T_C} \quad [\text{Ecuacion N}^\circ 8]$$

Donde:

n = Periodo de Diseño.

T_c = Tasa de Crecimiento.

$$F_C = \frac{(1 + 0.0429)^{20} - 1}{0.0429} = 30.65$$

3.5.10. Tráfico de Diseño (TD).

Para convertir el volumen de tráfico obtenido de los conteos se usará el Tránsito de Diseño (TD) que es un factor fundamental para el diseño estructural de pavimentos. Este se obtiene a partir de la información básica suministrada por el Tránsito Promedio Diurno (TPDA), el Factor de Crecimiento (FC), Factor de Distribución (FD) y Factor Carril (fc).

El cual se determina con la **expresión N°9**:

$$T_D = TPDA * F_C * F_D * f_C * 365 \quad [\text{Ecuacion N}^\circ 9]$$

Dónde:

T_D: Tránsito de diseño.

TPDA: Tránsito promedio diario del año base.

F_C: Factor crecimiento.

F_D: Factor de distribución.

f_C: Factor Carril.

365: Constante equivalente a la estimación de los 365 días del año.

El tránsito de diseño para un período de 20 años y con una tasa de crecimiento de 4.29% es de **TD=812,134.13 veh/día**, tal y como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 23: Tránsito para el carril de Diseño.

<i>Tipo de vehículos</i>	<i>Tránsito Actual (2016)</i>	<i>F.C.</i>	<i>Días del año</i>	<i>Tránsito de diseño</i>	<i>Factor por carril(Fc)</i>	<i>Factor de Dirección (Fs)</i>	<i>Tránsito para el carril de diseño</i>
Autos	11	30.69	365	123,220.35	0.50	1	61,610.18
Jeep	10	30.69	365	112,018.50	0.50	1	56,009.25
Camionetas	46	30.69	365	515,285.10	0.50	1	257,642.55
MicBus<15	4	30.69	365	44,807.40	0.50	1	22,403.70
Bus	6	30.69	365	67,211.10	0.50	1	33,605.55
C2	26	30.69	365	291,248.10	0.50	1	145,624.05
C2 5 +ton	29	30.69	365	324,853.65	0.50	1	162,426.83
C3	13	30.69	365	145,624.05	0.50	1	72,812.03
Transito Total de Diseño							812,134.13

Fuente: Elaboración propia.

3.5.11. Ejes Equivalentes (ESAL o W18).

Se define como ESAL's de diseño a la transformación de ejes de un tránsito mixto que circula por una vía a ejes equivalentes de 8.2 toneladas, 18 kips ó 18, 000 libras, en el carril de diseño durante la vida útil del pavimento. Se obtiene conociendo el tránsito de diseño (TD) y los factores de equivalencia (FESAL). Se calcula mediante la **expresión N°10**:

$$W_{18} = T_D * FESAL \quad [Ecuacion N^{\circ} 10]$$

Dónde:

(T_D): Tránsito de diseño.

FESAL: Factor equivalente de carga.

Tabla N° 24: Cálculo de ejes equivalentes de 18 kips (8.2 Ton).

Tipo de vehículos	Peso X eje(Ton.met)	Peso X eje (Kips)	Tipo de eje	To. 2016	TD	TD corregido	Factor ESAL	ESAL de diseño
Autos	1	2.20	Simple	11	61,610.18	61,611.00	0.00038	23
	1	2.20	Simple				0.00038	23
Jeep	1	2.20	Simple	10	56,009.25	56,009.00	0.00038	21
	1	2.20	Simple				0.00038	21
Camionetas	1	2.20	Simple	46	257,642.55	257,643.00	0.00038	98
	2	4.40	Simple				0.0034	876
MicBus<15	2	4.40	Simple	4	22,403.70	22,404.00	0.0034	76
	4	8.80	Simple				0.0502	1125
Bus	5	11.00	Simple	6	33,605.55	33,606.00	0.1265	4251
	10	22.00	Simple				2.35	78974
C2 Liv	4	8.80	Simple	26	145,624.05	145,624.00	0.0502	7310
	8	17.60	Simple				0.9206	134061
C2 5 +ton	5	11.00	Simple	29	162,426.83	162,427.00	0.1265	20547
	10	22.00	Simple				2.35	381703
C3	5	11.00	Simple	13	72,812.03	72,812.00	0.1265	9211
	16.5	36.30	Doble				1.43	104121
Total ESAL´S de diseño(W18)								742,441.00
ESAL o W18 = 742,441.00 ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el carril de diseño.								

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV

DISEÑO DE PAVIMENTO

ARTICULADO

4.1. Introducción.

El diseño de Pavimento flexible consiste en determinar los espesores de cada capa que integran la estructura del mismo basándose en obtener un numero estructural del pavimento que pueda soportar el nivel de carga esperado.

La capacidad estructural del pavimento flexible depende de la habilidad de cada capa para transferir, distribuir y reducir la intensidad de los esfuerzos antes de colocar la siguiente capa o a la sub-rasante.

El cálculo de espesores del pavimento flexible se realizara de acuerdo al Método desarrollado por la American Association of State Highway and Transportation Officials correspondiente a la versión de 1993 (AASHTO, 1993) y mediante el programa computarizado: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

4.2. Método para el Diseño de Pavimento Flexible (AASHTO93).

El método requiere información basada en las características y propiedades de los materiales que conforman los suelos de cada capa de la estructura, así como la composición vehicular que someterá la estructura de pavimento a las cargas variables de tránsito.

Los criterios que considera el método para el cálculo de espesores de capa son:

1. Determinar el número de Ejes Equivalentes (ESAL's)
2. Obtener las Variables de diseño:
 - Factores Equivalente de Carga.
 - Peso por ejes.
 - Confiabilidad deseada
 - Desviación Estándar
 - Serviciabilidad.
 - Módulo de Resiliencia.

3. Establecer las Propiedades de los materiales de cada capa, representada por los coeficientes estructurales (a_i).
4. Calcular los espesores del pavimento considerando el esfuerzo a la compresión de cada capa.

4.3. Variables a considerar en el Método de diseño AASHTO 93.

Para el diseño de la estructura de pavimento articulado se deben de tomar en cuenta los siguientes parámetros:

4.3.1. Confiabilidad (R).

El nivel de confiabilidad se obtiene según la clasificación funcional de caminos. Para este diseño se toma una confiabilidad de 80%, por ser una carretera clasificada como colectora ubicada en la zona Rural.

Tabla N° 25: Niveles de confiabilidad recomendado por la AASHTO.

Tipo de camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona urbana	Zona rural
Rurales interestatales y autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9
Arterias principales	80 – 99	75 – 99
<u>Coléctoras</u>	80 – 95	<u>75 – 95</u>
Locales	50 – 80	50 – 80

Fuente: Libro de diseño de pavimentos AASHTO 93. Tercera edición. Página 137.

4.3.2. Desviación estándar.

Este parámetro está directamente ligado al nivel de confiabilidad elegido para la vía. Corresponde a la función de posibles variaciones en las estimaciones de tránsito (cargas y volúmenes) y comportamiento del pavimento a lo largo de su vida de servicio. La guía de la AASHTO - 1993 recomienda adoptar valores de S_o comprendidos dentro de los siguientes intervalos:

Tabla N° 26: Desviación estándar para pavimentos rígidos y flexibles.

Desviación estándar combinado (S_o)		
Condición	Pavimento Rígido	Pavimento flexible
Enconstrucción nueva	0.35	<u>0.45</u>
Ensobre capas	0.39	0.49

Fuente: Manual AASHTO-93 Design Requirements.

Para este diseño, se considera una desviación estándar de $S_o = 0.45$.

4.3.3. Serviciabilidad.

La serviciabilidad se define como la capacidad del pavimento para brindar un uso confortable y seguro a los usuarios. Para su determinación se realizan estudios de calidad en dependencia del tipo de carpeta de rodamiento a evaluar.

La forma más sencilla para determinar la pérdida de serviciabilidad se muestra en el capítulo 7, página 5 del Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimentos (SIECA), se muestran los valores recomendados de desvío estándar comprendidos dentro de los intervalos siguientes:

Tabla N°27: Factores de Serviciabilidad.

Serviciabilidad Inicial	Serviciabilidad Final
Po= 4.5 para pavimentos rígidos	Pt= 2.5 o más para caminos principales
<u>Po= 4.2 para pavimentos flexibles</u>	<u>Pt= 2.0 para caminos de transito menor</u>

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos.

4.3.4. Módulo de Resiliencia de la subrasante (M_r).

La base para la caracterización de los materiales de sub-rasante en este método es el Modulo Resiliente, el cual es una medida de la propiedad elástica de los suelos y se determina con un equipo especial que no es de fácil adquisición, por lo tanto se han establecido correlaciones para calcularlo a partir de otros ensayos, como el CBR.

Tabla N° 28: Ecuaciones de correlación.

Valores de CBR	Correlación	Ecuación
CBR < 10 %	$Mr = 1,500 * CBR$	[<i>Ecuación N° 11</i>]
<u>CBR > 10 %</u>	<u>$Mr = 4,326 * \ln(CBR) + 241$</u>	<u>[<i>Ecuación N° 12</i>]</u>

Fuente: Libro de diseño de pavimentos AASHTO 93.

Se aplica la **ecuación N°12** para calcular el módulo de resiliencia de la subrasante, ya que, el CBR resultante es de 12.3%

$$Mr = 4,326 * \ln(CBR) + 241 \quad [\text{Ecuación N° 12}]$$

$$Mr = 4,326 * \ln(12.3\%) + 241$$

$$Mr = 11,097.53$$

4.3.5. Coeficiente de drenaje.

El drenaje de agua en los pavimentos debe ser considerado como parte importante en el diseño de carreteras. El exceso de agua combinado con el incremento de volúmenes de tránsito y cargas, se anticipa con el tiempo para ocasionar daños a las estructuras del pavimento. En este caso se considera un coeficiente de drenaje de $m_i = 1.00$.

Tabla N° 29: Coeficientes de drenaje para pavimentos articulados.

Calidad de drenaje	% de tiempo en el que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	> 1%	1 – 5 %	5 – 25%	< 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
<u>Bueno</u>	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	<u>1.00</u>
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.70	0.40

Fuente: Libro de diseño de pavimentos AASHTO 93.

4.3.6. Coeficientes de las capas estructurales.

Además del coeficiente de drenaje, existen otros factores estructurales que involucran las características y propiedades de los diferentes materiales que formarán parte del paquete estructural. El método asigna a cada capa del pavimento un coeficiente (a_i), los cuales son requeridos para el diseño estructural normal del pavimento flexible. Estos coeficientes permiten convertir los espesores reales a números estructurales (SN), siendo cada coeficiente una medida de la capacidad relativa de cada material para funcionar como parte de la estructura de pavimento. Estos, se representan con la siguiente simbología:

- a_1 : para la carpeta de rodamiento.
- a_2 : para la base.
- a_3 : para la sub-base.

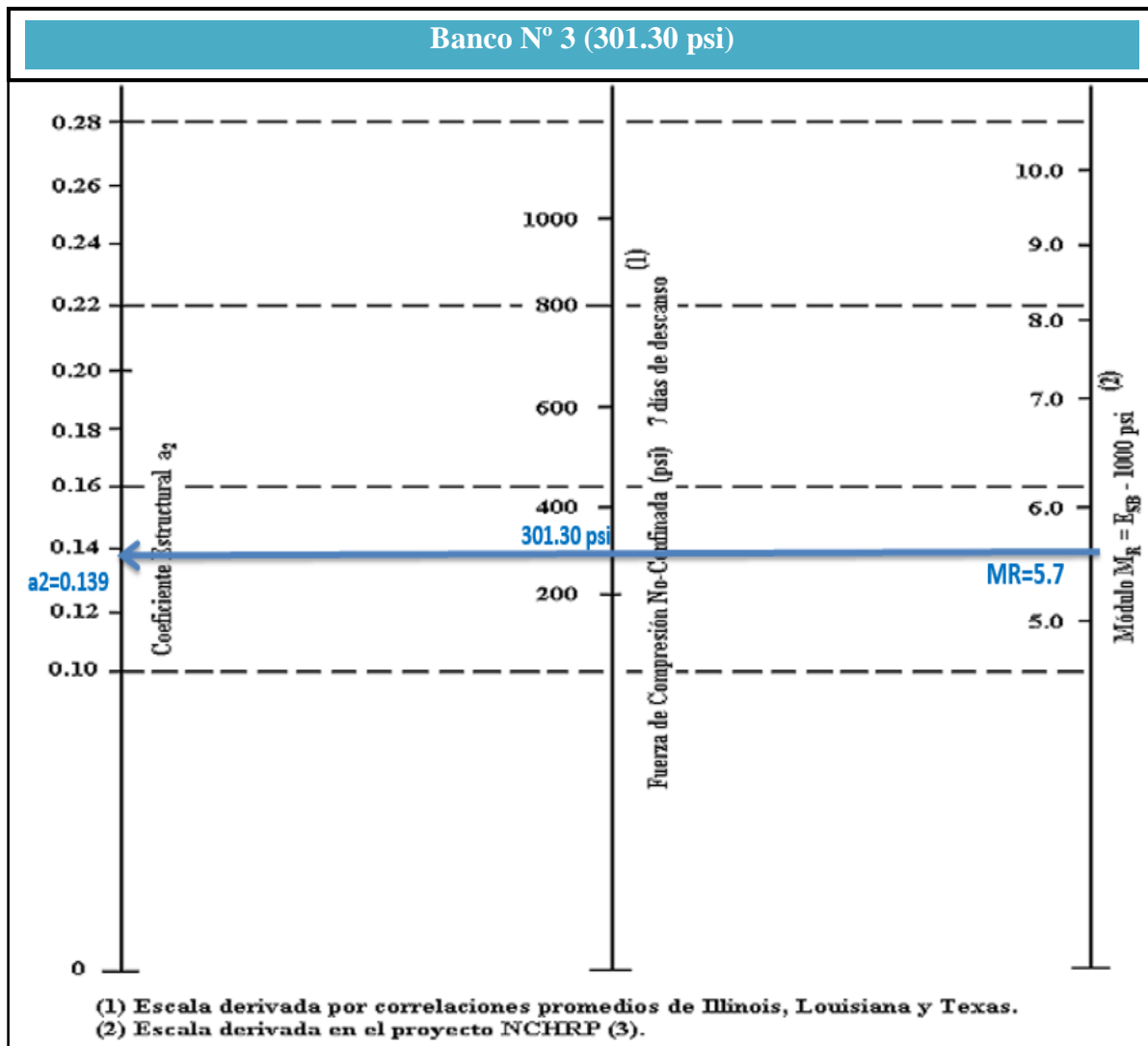
4.3.6.1. Coeficiente estructural de la carpeta de rodamiento (adoquín de concreto) a_1 .

El coeficiente estructural para el diseño de espesores con adoquín ya está definido en el Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, en el capítulo 7, página 107, cuyo valor es de $a_1 = 0.45$.

4.3.6.2. Coeficiente estructural para base estabilizada con cemento a_2 .

El valor del coeficiente estructural (a_2) se determina con el uso del nomograma de la guía AASHTO, tomando en cuenta el valor de la resistencia a la compresión simple de material mejorado y ensayado a los 7 días de edad, 301.30lb/pg² (Banco N°3), corresponde a $a_2 = 0.139$, (Ver Gráfico N°10, pág. 54).

Gráfico N° 10: Coeficiente estructural a_2 y Módulo Resiliente, para Base Granular Mejorada con Cemento.

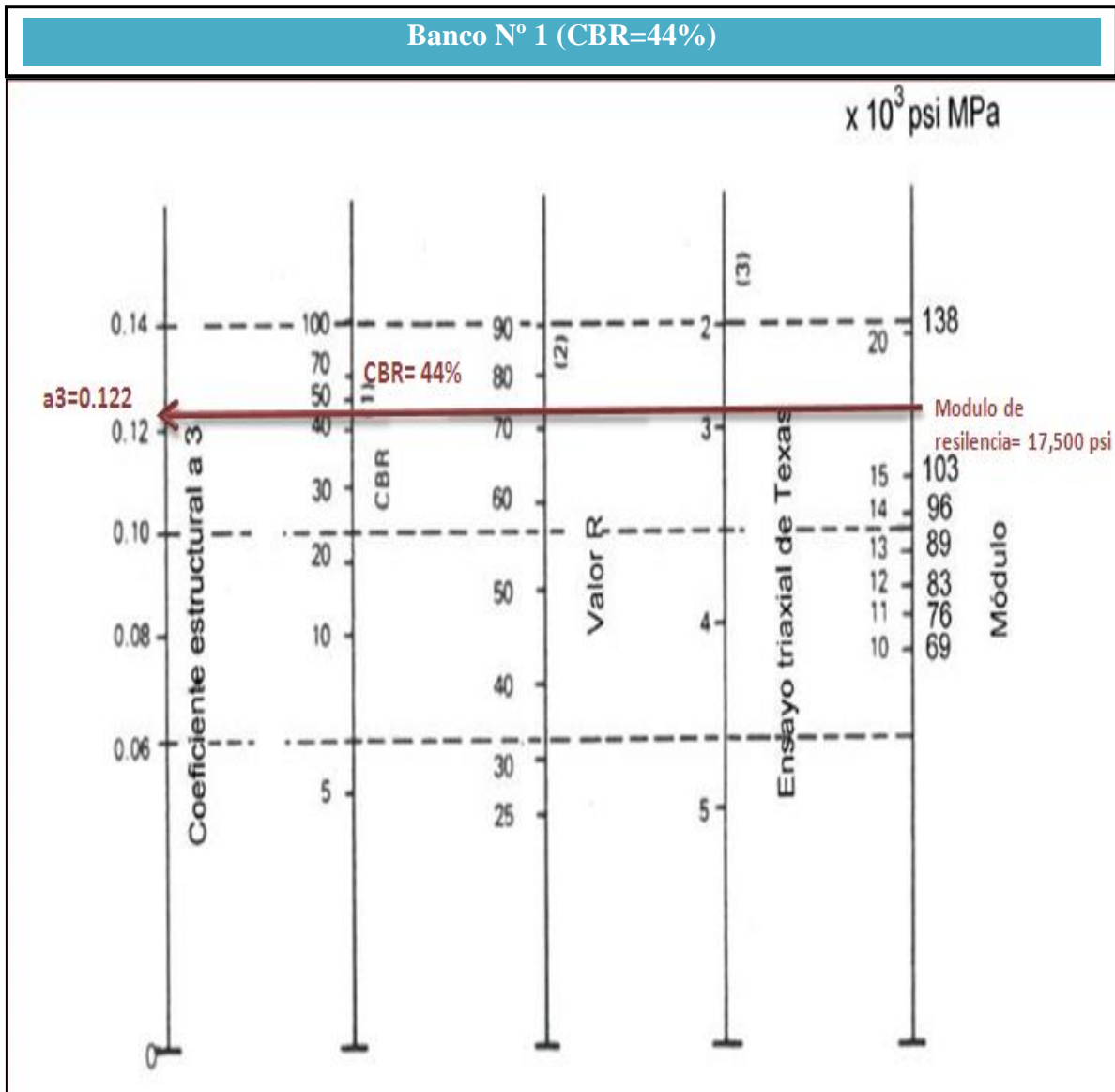


Fuente: Guía para Diseño de Estructuras de Pavimento, AASHTO 93.

4.3.6.3. Coeficiente estructural para sub- base a_3 .

Para determinar el valor del coeficiente estructural de capa de sub-base granular (a_3) se toma como parámetro de entrada el valor del CBR de la sub-base, en este caso es de 44.0% que corresponde al **Banco N°1 (Juan A. Rodríguez)**, luego se traza una línea horizontal hasta interceptar en la línea vertical izquierda con el valor de $a_3 = 0.122$ y un **Mr =17,500 Psi. (Ver Gráfico N°11, pág. 55).**

Gráfico N°11: Coeficiente estructural a_3 , de la capa Subbase.



Fuente: Guía para Diseño de Estructuras de Pavimento, AASHTO 93.

4.3.7. Números estructurales aportados y determinación de espesores.

La ecuación utilizada para el diseño de pavimento flexible, deriva de la información obtenida empíricamente por la AASHTO ROAD TEST. La fórmula general que se usara para determinar los espesores del pavimento es la siguiente **Ecuación N°13:**

$$\begin{aligned} SN &= SN_1 + SN_2 + SN_3 = a_1 \times D_1 + a_2 \times D_2 + a_3 \times D_3 \quad [\text{Ecuacion N}^\circ 13] \\ &= a_1 \times m_1 + a_2 \times m_2 + a_3 \times m_3 \end{aligned}$$

Donde:

a₁, a₂, a₃ = Son los coeficientes estructurales o de capa.

D₁, D₂, D₃= Espesores de las capas en pulgadas para la carpeta Asfáltica, Base y Sub – base.

m₁, m₂, m₃ = Son los coeficientes de drenaje de las capas.

Este está basado en que las capas granulares tratadas, deben estar perfectamente protegidas de presiones verticales excesivas, que lleguen a producir deformaciones permanentes. El procedimiento para el cálculo de espesores consiste primero en calcular el SN sobre la Sub-Rasante, después se calculan los SN necesarios sobre las capas de Sub – Base y Base.

4.3.7.1. Determinación de Números estructurales.

Para calcular el número estructural SN₁ se toma en cuenta el espesor de la capa de rodamiento, para este diseño es de 4 pulgadas (D₁ =4plg), por estar compuesta de adoquín y el coeficiente estructural a₁ anteriormente descrito entonces:

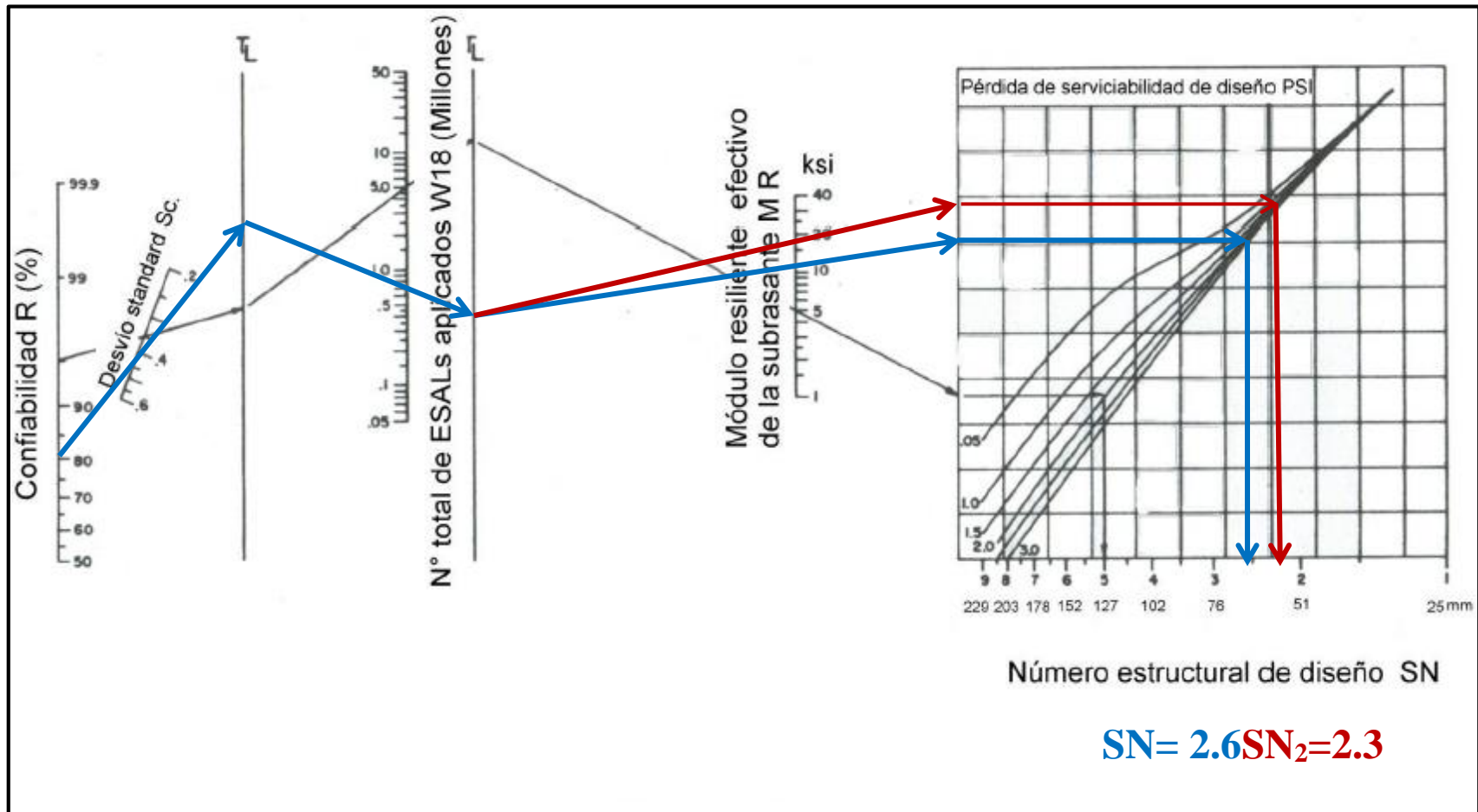
$$SN_1 = 0.45 * 4 \text{ pulgadas} [\text{Ecuacion N}^\circ 14]$$

$$SN_1 = 1.80$$

Para el cálculo de **SN₂** se utilizó el Ábaco establecido por la Guía para diseño de estructura de pavimento (AASHTO 1993), obteniendo un SN para la sub base de **SN₂= 2.3. (Ver Gráfico N°12, pág. 57).**

Para el cálculo de **SNrequerido** se utilizó el Ábaco establecido por la Guía para diseño de estructura de pavimento (AASHTO 1993), obteniendo un SN para la sub-rasante de **2.6. (Ver Gráfico N°12, pág. 57).**

Figura N° 12: Ábaco de Diseño AASTHO, para el Cálculo de SNrequerido y SN₂.



Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93.

4.3.7.2. Espesor de la base Granular.

Cálculo de D_2 :

$$D_2 = \frac{(SN_2 - SN_1)}{(a_2 * m_i)} [Ecuacion N^o 15]$$

$$= \frac{(2.3 - 1.8)}{(0.139 * 1.00)} \quad D_2 = 4.00 \text{ pulgadas}$$

Se corrige el espesor D_2 , ya que el mínimo para base es de 6.00 pulgadas.

Tabla N° 30: Espesores mínimos sugeridos por capa.

Numero de ESAL's	Espesor mínimo (pulgadas)	
	Concreto Asfaltico	Base Granular
Menos de 50,000	1	4
50,000 - 150,000	2	4
150,000 - 500,000	2.6	4
<u>500,000 - 2,000,000</u>	<u>3</u>	<u>6</u>
2,000,000 - 7,000,000	3.6	6
Más de 7,000,000	4	6

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos AASHTO 1993, pág. 175

Verificación de D_2 :

Se utiliza (D_2) de 6 pulgadas de espesor. Lo que nos obliga a corregir el número estructural:

$$SN_2^* = D_1 * a_1 * m_1 \quad [Ecuacion N^o 16]$$

$$SN_2^* = 6.0 * 0.139 * 1.00$$

$$SN_2^* = 0.834$$

4.3.7.3. Espesor de la sub-base.

$$D_3 = \frac{SN_3 - (SN_2^* + SN_1^*)}{a_3 * m_3} [\text{Ecuacion N}^\circ 17]$$

$$D_3 = \frac{2.6 - (0.834 + 1.8)}{0.122 * 1.00}$$

$$D_3 = -0.28 \text{ pulgadas}$$

Los criterios de la AASHTO 93, indican que si el resultado del espesor para la sub base posee un valor negativo, este no necesita dicha capa.

Comprobación:

$$SN_1 + SN_2 \geq SN_{requerido} [\text{Ecuacion N}^\circ 18]$$

$$1.8 + 0.834 \geq 2.60$$

$$2.63 \geq 2.60 \text{ Cumple.}$$

4.3.7.4. Espesores finales de Diseño.

En base al análisis y a los resultados obtenidos, la estructura de pavimento del tramo de carretera Condega-San Diego será:

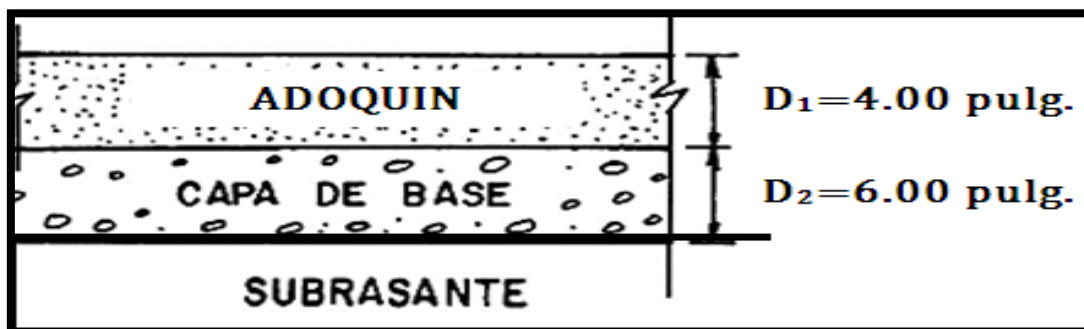
Tabla N°31: Espesores de Diseño.

Capas	Adoquín	Capa de arena	Base granular
Espesores	4.0 pulgadas	2.0 pulgadas	6.0 pulgadas
Espesor Total	10.0 pulgadas		

Fuente: Elaboración propia.

NOTA: el espesor de 5 centímetros de arena no es tomado en cuenta en la suma total del espesor requerido, dado que se considera que el lecho de arena no tiene ningún aporte estructural.

Imagen N°6: Estructura Final de pavimento.



Fuente: Elaboración propia.

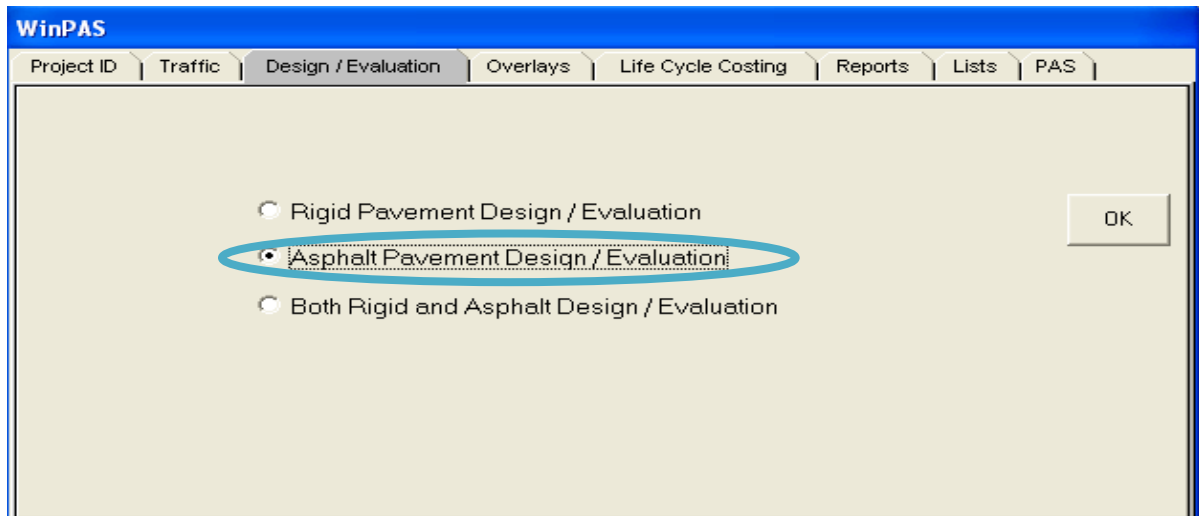
4.4. Uso del programa WinPAS.

Para comparar y comprobar los resultados obtenidos en los cálculos anteriores, se determinan los espesores de las diferentes capas de pavimentos utilizando el software “**WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4)**”, que está basado en la guía para el diseño de estructuras de pavimento de la AASHTO ya que resulta una herramienta útil que agiliza y facilita los cálculos para el diseño. A continuación se muestran los Parámetros de entrada para el programa WinPAS.

- **ESAL's=742,441.00**
- **Confiabilidad= 80%**
- **Desviación Estándar (So)= 0.45**
- **Módulo de Resiliencia = 11,097.53**
- **Índice de serviciabilidad inicial(Po)=4.20**
- **Índice de serviciabilidad final (Pt)= 2.00**
- **Coeficiente de Drenaje (m_i)= 1.00**
- **Coeficiente de Capa a_1 = 0.45**
- **Coeficiente de Capa a_2 = 0.139**
- **Coeficiente de Capa a_3 = 0.122**

Primero se escoge el tipo de pavimento en este caso la opción 2 que es para pavimento articulado.

Imagen N° 7: Elección de tipo de pavimento a diseñar.



Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

Segundo paso es introducir los datos anteriores en el software, se detalla en la (Imagen N° 7).

Imagen N° 7: Introducción de Datos.

The image shows the 'Flexible Design Inputs' dialog box in the WinPAS software. The dialog box has a blue title bar with the text 'Flexible Design Inputs' and standard window control buttons (minimize, maximize, close). The main area contains several input fields and buttons. On the left, there are labels for 'Structural Number', 'Design ESAL', 'Reliability', 'Overall Deviation', 'Soil Resilient Mod.', 'Initial Serviceability, Po', and 'Terminal Serviceability, Pt'. To the right of these labels are input boxes containing the values: (empty), '742,441', '80.00', '0.45', '11,097.5', '4.20', and '2.00'. A 'psi' unit label is positioned to the right of the 'Soil Resilient Mod.' input box. Below the input boxes is a 'Layer Determ.' button. To the right of the input boxes are three buttons: 'Cross Section', 'OK', and a help icon (a question mark inside a circle). At the bottom left, there is a 'Solve For' label and a red warning box with the text: 'WARNING! Input Value Changed Press Solve For to Recalculate'. To the right of the warning box is a 'Solve For' button.

Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

Al introducir los datos anteriores se obtiene un resultado de un número estructural mínimo requerido de 2.58, se detalla en la (Imagen N° 8).

Imagen N° 8: Cálculo del número Estructural mínimo requerido.

Flexible Design Inputs

Structural Number	2.58
Design ESAL	742,441
Reliability	80.00
Overall Deviation	0.45
Soil Resilient Mod.	11,097.5 psi
Initial Serviceability, P_o	4.20
Terminal Serviceability, P_t	2.00

Solve For: **Structural Number 2.58**

Buttons: Cross Section, OK, Layer Determ., Solve For

Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.04).

Al proponer los espesores en el programa de la AASHTO 93, (Ver Imagen N°9), podemos apreciar que en los resultados cumple con el SN requerido.

Imagen N° 9: Resultados de espesores requeridos para el diseño de pavimento.

Flexible Pavement Layer Thickness Determination

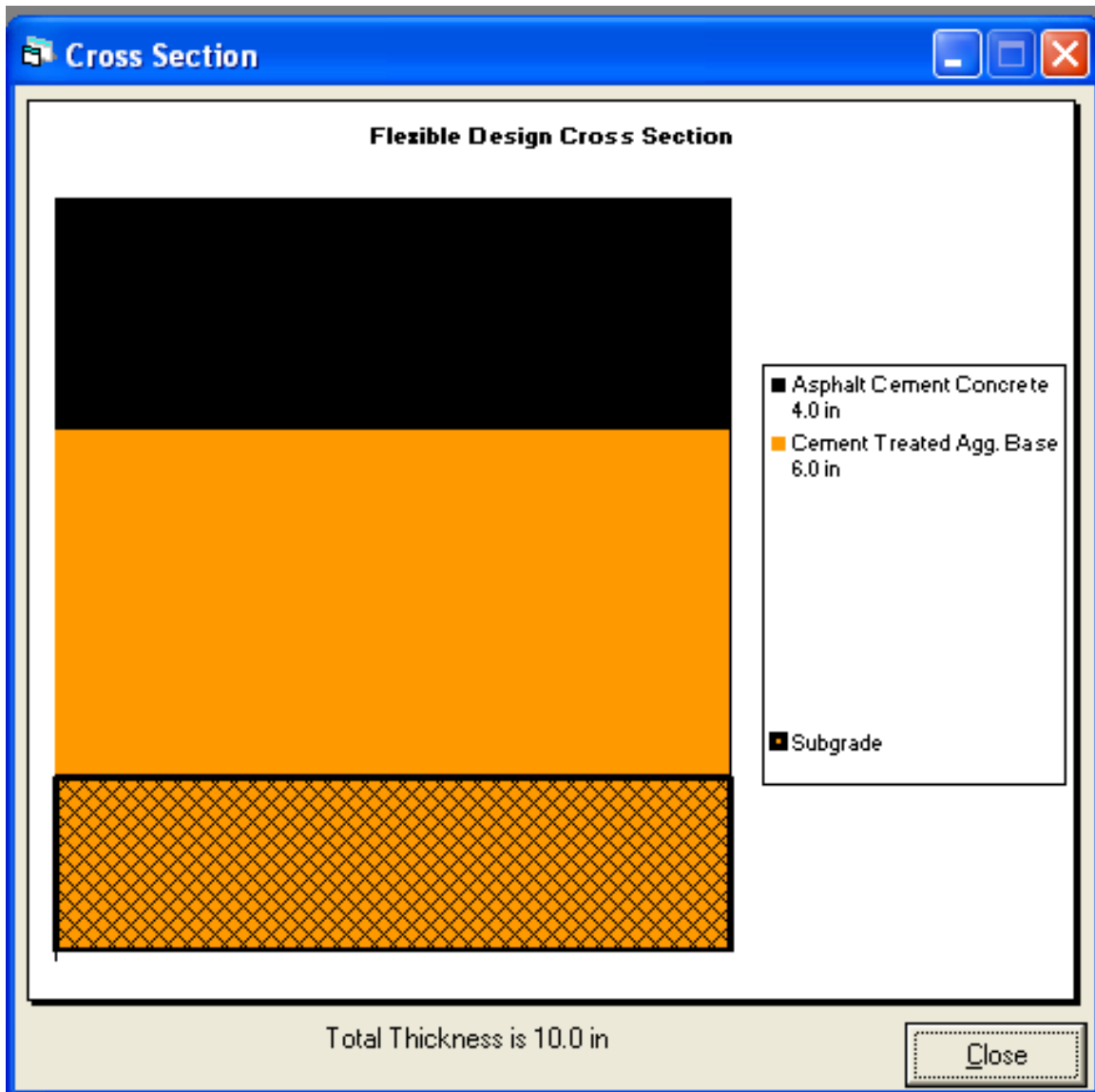
Layer Material	Layer Coefficient, a	Drainage Coefficient	Layer Thickness (inches)	Layer Struct No, SN_i	Additional Thickness (inches)
Asphalt Cement Concrete	0.45	1.00	4.00	1.80	
Cement Treated Agg. Base	0.14	1.00	6.00	0.83	

ΣSN: 2.63
SN Required: 2.58

Buttons: OK, ?

Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.04).

Imagen N° 10: Espesores finales de pavimento.



Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.04).

CAPÍTULO V

ESTUDIO DE IMPACTO

AMBIENTAL

5.1. Introducción.

Con el fin de valorar las características ambientales del entorno donde se ubica el proyecto, así como los posibles impactos que podría ocasionar e incorporar las medidas de mitigación que se deben cumplir durante su ejecución para minimizar o corregir los potenciales impactos negativos, se realizó la valoración ambiental del Diseño de Pavimento Articulado en el sub-tramo de Condega-San Diego (4.00 kilómetros).

El Estudio de Impacto Ambiental propugna un enfoque a largo plazo y supone y garantiza una visión más completa e integrada del significado de las acciones humanas sobre el medio ambiente. También implica una mayor creatividad e ingenio y una fuerte responsabilidad social en el diseño y la ejecución de las acciones y proyectos. La motivación para investigar las nuevas soluciones tecnológicas y en definitiva, para una mayor reflexión en los procesos de planificación y de toma de decisiones, es otro elemento importante en la evaluación de impacto ambiental.

El proceso de Estudio de Impacto Ambiental es la secuencia de pasos lógicos para revisar acciones humanas, implica la búsqueda de alternativas y de creatividad para alcanzar soluciones viables.

El enfoque preventivo consiste en identificar y evaluar los impactos ambientales antes de que se produzcan; es decir, previo a la ejecución de cualquier acción humana, para ello existen pasos importantes que se deben considerar en la evaluación, entre los cuales destacan:

- a) Definir exactamente lo que se debe excluir por no ser ambientalmente significativo. También denominado “selección” o “screening”.
- b) Definir el alcance que determina los puntos claves que son necesarios de examinar en la evaluación. También denominado “scoping”.

- c) Utilizar los métodos particulares en cada caso, como el análisis de escenarios, los estándares ambientales de tipo preventivo, y el uso de metodologías integradoras.
- d) Definir las necesidades de información y de participación de la ciudadanía.

El objetivo de la evaluación de impactos ambientales prevenir situaciones de deterioro, estableciendo las medidas más adecuadas para llevar a niveles aceptables los impactos derivados de acciones humanas y proteger la calidad del ambiente. Una definición más general, la relaciona con un proceso de advertencia temprana que permite aplicar anticipadamente las políticas ambientales. Se entiende acá como política a la definición de principios rectores y objetivos básicos que la sociedad se propone alcanzar en materia de protección ambiental, conciliándolos con los aspectos económicos, sociales y de desarrollo.

La política establece las bases sobre las cuales se elaboran las leyes y reglamentos, los que, a su vez, generan un conjunto legitimado de cuerpos normativos que son instrumentos para alcanzar los objetivos descritos en ella, el proceso de evaluación de impacto ambiental permite anticipar los futuros impactos negativos y positivos de acciones humanas, aumentando los beneficios y disminuyendo las alteraciones ambientales no deseadas. El propósito es asegurarse que las variables ambientales de interés se reconozcan desde el inicio y se protejan a través de decisiones pertinentes. Esto compatibiliza las acciones previstas con las políticas y regulaciones ambientales que se hayan establecido con la finalidad de proteger el entorno.

La evaluación de impacto ambiental es un sistema de advertencia que opera mediante un proceso de análisis continuo destinado a proteger el medio ambiente contra daños injustificados o no previstos. Es un proceso informado y objetivo de decisiones concatenadas y participativas, que ayudan a identificar las mejores opciones para llevar a cabo una acción sin daños ambientales inaceptables.

En este sentido, es importante destacar que un proceso de evaluación de impacto ambiental debe ser considerado como un instrumento que está al servicio de la toma de decisiones y que permite alcanzar, anticipadamente, un conocimiento amplio e integrado de los impactos o incidencias ambientales derivadas de acciones humanas.

La evaluación de impacto ambiental permite comparar las situaciones ambientales existentes con aquellas que surgirían como resultado del desarrollo de una acción en particular.

La comparación sirve para identificar tanto los impactos positivos y los beneficios ambientales que surgen de realizar el proyecto que se está evaluando, como aquellos de carácter negativo que deben manejarse para evitar la degradación del medio ambiente. Lo más significativo es que se incorporen las medidas que aseguren la protección del medio ambiente y que hagan viable la acción; si ello no es posible, la acción no debe ser ejecutada.

5.2. Declaración de Impacto Ambiental.

Es una declaración jurada, en la cual se expresa el cumplimiento de la legislación ambiental vigente, acompañando todos los antecedentes y estudios ambientales que permitan a la autoridad evaluar si su impacto ambiental se ajusta a las normas ambientales vigentes.

5.3. Leyes Ambientales Vigentes.

5.3.1. Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales (Ley 217).

La Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales de 1996 y su Reglamento (Decreto No. 9-96), son el asidero legal para la gestión ambiental en Nicaragua. La Ley define instrumentos para la gestión ambiental, incluyendo el Sistema de Evaluación de impacto Ambiental y los permisos ambientales.

El artículo 25 establece que los proyectos, obras, industrias o cualquier otra actividad que por sus características, puede producir deterioro al ambiente o a los recursos naturales, deberán obtener, previo a su ejecución, el Permiso Ambiental otorgado por el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales.

El artículo 26 afirma que, las actividades, obras o proyectos públicos o privados de inversión nacional o extranjera identificados en una lista taxativa, durante su fase de pre inversión, ejecución, ampliación, rehabilitación o reconversión, quedarán sujetos a la realización de estudios y evaluación de impacto ambiental, como requisito para el otorgamiento del Permiso Ambiental. Este requisito se elabora en el Decreto 76-2006.

5.3.2. Ley Especial de Delitos Ambientales (Ley 559).

La Ley 559 tiene por objetivo tipificar como delitos contra el medio ambiente y los recursos naturales las acciones u omisiones que violen o alteren las disposiciones relativas a la conservación, protección, manejo, defensa y mejoramiento del ambiente y los recursos naturales, así como el establecimiento de la responsabilidad civil por daños y perjuicios ocasionados por las personas naturales o jurídicas con responsabilidad comprobada.

La Fiscalía General de la República es la autoridad responsable de conocer y tramitar las denuncias. La Procuraduría para la Defensa del Ambiente y de los Recursos Naturales ejerce la representación y defensa de los intereses del Estado en materia ambiental.

5.3.3. Ley Especial para el uso de Bancos de Materiales Selectos para el Aprovechamiento en la Infraestructura, Ley 730.

Tiene por objeto normar el uso y aprovechamiento racional de los bancos de materiales selectos o bancos de préstamos a nivel nacional aptos para la infraestructura de interés público para el país que no requiera más operación que las de arranque, fragmentación y clasificación.

Los recursos no minerales existentes en el suelo y subsuelo del territorio nacional son patrimonio del Estado, quien ejerce sobre ellos dominio absoluto, inalienable e imprescriptible.

5.3.4. Sistema de Evaluación Ambiental (Decreto No. 76-2006).

El Sistema de Evaluación Ambiental de Nicaragua, está compuesto por: la Evaluación Ambiental Estratégica y la Evaluación Ambiental de obras, proyectos, industrias y actividades. La Evaluación Ambiental de obras, proyectos, industrias y actividades está compuesta por categorías ambientales, resultados de un tamizado o cribado donde se incluye:

- a) Categoría Ambiental I:** Proyectos, obras, actividades e industrias que son considerados como Proyectos Especiales. Esta categoría es manejada por el MARENA Central en coordinación con las Unidades Ambientales Sectoriales.
- b) Categoría Ambiental II:** Proyectos, obras, actividades e industrias, que en función de la naturaleza del proceso y los potenciales efectos ambientales, se consideran como de Alto Impacto Ambiental Potencial. Esta categoría, al igual que la Categoría I, es manejada por el MARENA Central.
- c) Categoría Ambiental III:** Proyectos, obras, actividades e industrias, que en función de la naturaleza del proceso y los potenciales efectos ambientales, se consideran como de Moderado Impacto Ambiental Potencial. Esta categoría de proyectos, es manejada por las Delegaciones Territoriales del MARENA, en coordinación con las Unidades Ambientales Sectoriales y los Gobiernos Locales.
- d) Los proyectos no considerados en las categorías I, II y III** son proyectos que pueden causar bajos impactos ambientales potenciales, por lo que no están sujeto a un Estudio de Impacto Ambiental.

De conformidad con el arto.25 de la Ley No. 217, Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, los proponentes deberán presentar el formulario ambiental ante la autoridad municipal correspondiente para la tramitación de la solicitud de su permiso, según los procedimientos establecidos.

5.3.5. Manual Centroamericano de Normas Ambientales para el Diseño, Construcción y Mantenimiento de Obras Viales. (SIECA 2004).

Este Manual articula las normas ambientales para las diferentes etapas en el desarrollo de carreteras, de tal manera que los proyectos viales sean ambientalmente sostenibles y económicamente sustentables. El Manual se basa en el análisis de los aspectos institucionales y legales relacionados con las Unidades de Gestión Ambiental dentro de los Ministerios de Transporte de Centroamérica. Tiene como finalidad fortalecer los aspectos normativos ambientales de diseño, construcción y mantenimiento de carreteras, incluyendo puentes, de la red vial regional por la cual transita la mayor parte del transporte de Centroamérica.

5.3.6. Normativas.

5.3.6.1. Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense NTON 12 001-00. Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Calles y Puentes "NIC-2000"

Las Especificaciones NIC-2000 son normativas en la administración y construcción de obras viales y deben ser incorporadas al Contrato. Las NIC-2000 contiene disposiciones técnicas básicas para proteger el Medio Ambiente y los Recursos Naturales en la construcción de vías, que todo contratista tiene la obligación de cumplir, y se complementan con las Normas Ambientales Básicas para la Construcción Vial (NABCV), puestas en vigencia por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI).

5.3.6.2. Norma Técnica Ambiental para el Aprovechamiento de los Bancos de Material de Préstamo para la Construcción, NTON 05 016 2002.

Establece los criterios y especificaciones técnicas para la protección del medio ambiente, durante el aprovechamiento de los bancos de materiales de construcción, también conocidos como bancos de préstamo. Esta norma establece la obligación de los interesados que requieran utilizar un Banco de materiales, de aplicar una solicitud de aprovechamiento ante la autoridad competente, y obtener el permiso de concesión para su aprovechamiento y cumplir con lo establecido en la ley 387 y su reglamento. Así mismo, se debe obtener una autorización ambiental emitido por MARENA, antes de proceder a desarrollar las actividades de aprovechamiento.

5.3.6.3. Norma técnica obligatoria nicaragüense ambiental para el manejo, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos no-peligrosos, NTON 05 014-02.

Esta norma tiene por objeto establecer los criterios técnicos y ambientales que deben cumplirse en la ejecución de proyectos y actividades de manejo, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos no peligrosos, a fin de proteger el medio ambiente. También establece, que el servicio de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos, estará a cargo de las municipalidades. En los casos que la municipalidad no preste el servicio de recolección, transporte y tratamiento de los desechos sólidos no peligrosos a las empresas constructoras y a todo el que realice obras de construcción, estas deberán realizar su propio manejo, vía directa o a través de contratación. Las Empresas constructoras y el que realice alguna obra de construcción para dicho manejo deberá contar con el permiso de la municipalidad. La Municipalidad debe ejercer estricta vigilancia en el cumplimiento de las actividades propias del manejo de los desechos.

5.4. Descripción del proyecto.

5.4.1. Aspectos Generales.

El Proyecto consiste en la pavimentación con adoquines del sub-tramo Condega-San Diego, en una longitud de 4.00 kilómetros. Dentro de los conceptos de obra del proyecto se definen los siguientes grupos de actividades y son:

5.4.1.1. Limpieza Inicial.

En esta etapa se requiere la limpieza del área del proyecto, lo que incluirá el retiro de basura, escombros que no sean utilizables en las operaciones. Esta actividad genera ruido, polvo, y produce desechos de los que hay que disponer de manera adecuada.

5.4.1.2. Movimiento de tierra.

En cuanto al movimiento de tierra en la vía, incluirá las excavaciones, cortes requeridos para la nivelación del terreno y rellenos que se hará del banco de materiales propuesto anteriormente en este trabajo.

5.4.1.3. Drenaje Menor.

Estos trabajos comprenden el revestimiento de cunetas de concreto simple a ambos lados de la calle y la construcción de un vado, para conducir el agua producto de las lluvias.

5.4.1.4. Explotación del Banco de Materiales.

El banco de préstamo a utilizarse ha sido explotado y/o se encuentra en uso actualmente, por lo que no fue necesario extraer muestras, ya que, en el año 2015 la firma consultora “Estudios y Diseños Ingenieros Consultores (EDICO)”, realizó un estudio geotécnico para conocer su estratigrafía cumpliendo con ciertas condiciones propuestas en la Norma del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI – NIC 2000).

5.4.2. Etapa de construcción.

5.4.2.1 Requerimientos Energéticos.

Para la etapa de construcción se requiere el uso de maquinaria pesada y maquinarias industriales en los procesos de producción de materia prima para ejecutar el proyecto. Los costos de operación de las maquinarias son elevados debido a los elevados requerimientos de hidrocarburos para mantener a los equipos funcionando adecuadamente.

5.4.2.2. Maquinarias y Equipos para el proyecto.

Se requiere para la ejecución del proyecto contar con un módulo básico de construcción, compuesto por: motoniveladora, compactadora, retroexcavadora, volquetes, cisterna, mezcladora de concreto y otros.

5.5. Área de influencia del proyecto.

5.5.1. Medio abiótico.

5.5.1.1. Suelos, Topografía y Relieve.

El área de influencia tiene una variación de altura desde los 843.00 msnm (metros sobre el nivel del mar), hasta 866.00 msnm. Es un territorio muy accidentado topográficamente, es ondulado con elevaciones montañosas y mesetas de considerable altura, caracterizado por un relieve que representa las primeras etapas del proceso erosivo efectuado principalmente en las mesetas, lomas y cuevas. Es una topografía irregular, con pendientes que varían entre 0.50% – 7.70%.

5.5.1.2. Temperatura, precipitación, velocidad y dirección predominante del viento.

Con temperaturas que oscilan entre los 22.6°C y los 24.2°C, con una humedad más baja en comparación a otras zonas del país. A la falta de uniformidad del relieve corresponde una falta de uniformidad climatológica que se caracteriza por una distribución irregular de las lluvias, vientos en diferentes direcciones, altas y bajas temperaturas, lo que da lugar a que se desarrollen zonas de microclimas en orden de importancia.

5.5.2. Medio Biótico.

5.5.2.1. Descripción Flora y Fauna.

La vegetación es escasa, sabanera y achaparrada con algunas manchas de bosques de coníferas, (Pinus o ocarpa). Las formaciones vegetales son tres: húmedo, fresco húmedo y pluviselva. Cuenta con una riqueza natural entre las cuales se encuentran impresionantes cascadas, reservas naturales y vestigios arqueológicos precolombinos.

Respecto a la fauna del área de influencia, ha disminuido en las últimas décadas por el mal manejo de los habitantes, aunque todavía se encuentran algunas especies de reptiles. Predominan los animales de tipo domésticos (perros y gatos) o productivos (ganado vacuno).

5.5.2.2. Medio Socioeconómico.

En el área de influencia directa e indirecta presenta una variada actividad agrícola y comercial, la agricultura consiste principalmente de granos básicos, hortaliza, cultivo de papas, tomate y repollo. El aprovechamiento de los pastos es utilizado para la ganadería.

5.6. Calidad ambiental del área de influencia del proyecto.

5.6.1. Límites del Área de Influencia.

5.6.1.1. Área Directamente Afectada.

El sector directamente afectado por el proyecto es el sub-tramo de carretera de Condega hasta la comunidad de San Diego. Los problemas principales se producen por el arroyamiento y la socavación en las estructuras de las calles, provocando el corte del paso vehicular.

5.6.1.2 Área de Influencia Directa.

Se considera un radio de 500 m alrededor del área directamente afectada por el proyecto, y se considera como el espacio que recibe los impactos de las actividades del proyecto (ruidos, generación de polvo, vibraciones, etc.).

En este perímetro se encuentran viviendas urbanas, un tanque de almacenamiento de agua potable para abastecer la población de la zona, terrenos circundantes, edificaciones.

5.6.1.3. Área de Influencia Indirecta.

Existe una sola vía hacia la comunidad San Diego, es la única que tiene acceso de vehículos de transporte privado o colectivo y se verá afectada por el incremento del flujo vehicular.

5.7. Manejo y disposición de desechos sólidos.

5.7.1 Desechos Sólidos.

5.7.1.1. Tipo y cantidad.

Entre los desechos sólidos que se generarán en la etapa de construcción, se pueden mencionar los siguientes: { restos de comida, papel, plásticos, envases, bloques de concreto, madera, escombros, restos de plantas, otros. En la etapa de funcionamiento se pueden mencionar los siguientes: papel, arena, entre otros.

5.7.1.2. Manejo y Disposición de Desechos Sólidos.

El manejo de los desechos sólidos por las actividades de construcción se debe manejar conforme a lo establecido en la Nic-2000 (Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), Julio 1999), regarse constantemente los lugares de corte, nivelación y escarificación de terreno, reduciendo la contaminación atmosférica por la propagación del polvo.

5.7.2. Desechos Líquidos y Gaseosos.

5.7.2.1. Tipo y Cantidad.

Entre los desechos líquidos generados por la ejecución de la obra se encuentran principalmente:

- ✓ Derramamiento de productos derivados del petróleo (diesel y aceites).
- ✓ Lechadas de las mezclas de concreto.

Entre los gaseosos podemos destacar:

- ✓ La emisión de gases contaminantes por los equipos y maquinarias que funcionan a base de hidrocarburos.
- ✓ En el funcionamiento casi se pueden considerar los mismos contribuyentes, esto se debe a que en el sector transporte existe un alto índice de contaminación por emisiones de gases.

5.7.2.2. Manejo y Disposición final.

Los desechos líquidos y gaseosos provenientes de la construcción y el funcionamiento de la obra difícilmente se podrían recolectar para darles la adecuada disposición final. Es necesario el cumplimiento de las normas de funcionamiento y estado de los vehículos que van a ser operados en el sector, se debe cumplir todos los requisitos del mantenimiento y control de emisiones para evitar mayor contaminación.

5.8. Matriz de Caracterización del Proyecto.

Para Valorar los impactos ambientales se hará de una forma cualitativa y cuantitativa, para la valoración Cualitativa del Proyecto se debe tener una visión genérica del Proyecto en el cual se desarrollan las características y datos básicos de interés para el estudio, en este caso solo se está estudiando la etapa de construcción, en la cual las actividades se miran en forma de Esquema.

Para realizar lo antes descrito se utilizara una matriz de Impacto del tipo Causa-Efecto que consiste en un cuadro de doble entrada en cuyas columnas figuran las acciones impactantes y en las Filas los Factores Medio Ambientales susceptibles a recibir impacto. Esta matriz permitirá identificar prevenir y comunicar los efectos del Proyecto en el Medio para posteriormente valorarlos.

5.8.1. Identificación y valoración de los impactos ambientales.

- ✓ Irreversible: Es aquel impacto cuya trascendencia en el medio, es de tal magnitud que es imposible revertirlo a su línea base original.
- ✓ Temporal: Es aquel impacto cuya magnitud no genera mayores afectaciones y permite al medio recuperarse en el corto plazo a su línea base original.
- ✓ Reversible: Cuando el medio puede recuperarse a través del tiempo, ya sea a corto, mediano o largo plazo, no necesariamente a la línea base original.
- ✓ Persistente: Se produce por acciones al medio que son de influencia a largo plazo, y que se mantienen a través de tiempo.

Se seleccionó e implementó un método basado en indicadores, índices e integración de la evaluación. Se han identificado los impactos positivos y negativos derivados de diferentes actividades del proyecto, se pueden prever los impactos a través de la simulación con el proyecto, especialmente para impactos directos, indirectos y riesgos inducidos en el medio.

Las acciones principales que se evalúan en este estudio determinan básicamente las afectaciones producidas por acciones que modifican el uso de suelo, emisión de contaminantes, sobreexplotación de recursos, medio biótico, deterioro del paisaje, acciones sobre infraestructuras y las que modifican el entorno social, económico y cultural.

Una vez identificadas estas acciones se realiza la matriz de importancia que permite obtener la valoración al nivel requerido, así se determina la naturaleza del impacto, intensidad (grado de daño), extensión, momento, persistencia, reversibilidad, sinergia (regularidad de manifestación), acumulación, efecto, periodicidad, recuperabilidad.

Para obtener un valor cuantitativo de la importancia de impacto se utilizó la siguiente expresión, se asignan los valores a cada situación según sus atributos:

$$I = +/-(3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

[Ecuación N° 19]

Dónde:

I: Intensidad

EX: Extensión

MO: Momento

PE: Persistencia

RV: Reversibilidad

SI: Sinergia

AC: Acumulación

EF: Efecto

PR: Periodicidad

MC: Recuperabilidad

Tabla N° 32: Características cualitativas de los efectos.

MATRIZ PARA LA VALORACION DE IMPACTOS NEGATIVOS																																
I M P A C T O S	VALORES DE LOS ATRIBUTOS DE IMPACTOS																															
	(-)	(+)	1	2	4	8	12	1	2	4	8	12	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4		
	Impacto perjudicial	Impacto beneficioso	Baja	Media	Alta	Muy alta	Total	Puntual	Parcial	Extenso	Total	Crítica	Largo plazo	Medio plazo	Inmediato	Fugaz	Temporal	Permanente	Recuperable a c. Plazo	Recuperable a m. plazo	Irrecuperable	Simple (sin sinergia)	Sinérgico	Acumulativo	Probable	Dudoso	Cierto	Directo	Indirecto	Irregular y discontinuo	Periódico	Continuo
	Naturaleza		Intensidad (grado de destrucción)					Extensión (Area de influencia)					Momento (plazo de manifestación)	Persistencia (permanencia del efecto)				Reversibilidad (recuperabilidad)				Acumulación (incremento progresivo)			Probabilidad (certidumbre de aparición)			Efecto (relación causa efecto)		Periodicidad (regularidad de manifestación)		
	Signo		I					Ex					Mo	Pr				Rv				Ac			Pb			Ef		Pr		

Fuente: Conesa Fdez, 2010.

En la tabla anterior (**Ver tabla N°32**), se pueden clasificar los impactos de la siguiente manera:

Tabla N° 33: Clasificación de Impactos.

		Valor del impacto (VI)
	Impactos Críticos	$VI > 43$
	Impactos Moderados	$28 < VI < 43$
	Impactos Irrelevantes	$VI \leq 28$

Fuente: Conesa Fdez, 2010.

5.8.2. Identificación de Impactos Ambientales.

La metodología de identificación y evaluación de los impactos ambientales aplicada en el presente estudio, permite realizar una estimación detallada del impacto resultante por la construcción y operación de la carretera sobre cada uno de los componentes ambientales y sociales dentro de su área de influencia, basándonos en el contraste de las acciones impactantes del proyecto con los medios fisicoquímicos, biológico-ecológico, social-cultural y operacional-económico.

El primer paso de este análisis consiste en identificar las acciones impactantes e impactos potenciales sobre cada uno de los componentes ambientales o sociales del área de influencia del proyecto. Impactos potenciales son aquellos que pueden ser producidos por las acciones impactantes del proyecto, y se distinguen de los impactos resultantes, que serán aquellos que permanecen luego de implementar todas las medidas preventivas, mitigadoras y/o compensatorias.

La identificación de las acciones impactantes del proyecto se basa en el análisis detallado del proyecto de ingeniería, de los métodos constructivos, de la logística de construcción y de las actividades de operación.

Las acciones impactantes se clasifican inicialmente de acuerdo con las fases de ejecución del proyecto:

A) Etapa de Construcción:

- 1- Obras Preliminares.
- 2- Corte de material.
- 3- Transporte de relleno y compactación de materiales.
- 4- Conformación de Pavimento Articulado.
- 5- Disposición y conformación de material excedente.
- 6- Construcción de obras de Drenaje.
- 7- Limpieza Final.

B) Etapa de Operación

- 1- Tráfico vehicular.
- 2- Mantenimiento de la carretera

A continuación se listan los principales componentes ambientales potencialmente afectables por el desarrollo de las actividades del proyecto de la carretera. Los Principales impactos Negativos y Positivos identificados en la **Etapa de Construcción** son:

Impactos negativos.

- **Alteración de la calidad del aire por emisión de material particulado, (polvo) gases y ruido.**

La calidad de este componente ambiental a lo largo del trazo de la carretera se verá afectado por la emisión de material particulado, producto por los movimientos de tierra durante las operaciones de cortes en material suelto, cortes en roca fija, cortes de roca suelta; así como durante el transporte de material de las canteras hacia la obra y de esta hacia los depósitos de material excedente. Este impacto ha sido calificado como de magnitud baja o irrelevante.

Otras actividades como el desbroce y limpieza, cortes en roca suelta y fija, conformación del pavimento, construcción de obras de arte, disposición de material excedente, operación de la maquinaria pesada y ligera asignada a la obra y durante la construcción y funcionamiento del campamento y patio de máquinas, también producirán emisión de material particulado pero en menor medida, habiendo sido calificado como de baja magnitud.

- **Riesgo de afectación de la calidad del agua.**

El posible derrame de combustible, grasa y aceite durante las operaciones de extracción de materiales, puede ocasionar la alteración de la calidad del agua de los ríos y cruces de agua cercanos al tramo. De producirse, este impacto ha sido calificado como de magnitud variable entre moderada e irrelevante, por lo que deberán aplicarse las medidas de prevención que se recomiendan en el Plan de Manejo Socio ambiental.

- **Riesgo de afectación de la calidad del suelo.**

La calidad de este componente ambiental puede verse afectada por el posible derrame de combustible, grasa y aceite en las áreas donde opere la maquinaria, principalmente durante las operaciones de desbroce y limpieza del terreno, conformación de la base, explotación de bancos así mismo, con la disposición de material excedente; así como durante el funcionamiento del patio de máquinas.

De ocurrir, se estima que los derrames no implicarían volúmenes considerables de vertido y serían de influencia solo puntual, por lo que este impacto ha sido calificado como de magnitud variable entre moderada e irrelevante, según la naturaleza de las actividades descritas.

- **Alteración puntual del relieve del área.**

Este impacto está referido básicamente a las modificaciones que se producen en el relieve del área del proyecto por los movimientos de tierra durante el corte de material suelto, roca suelta y roca fija, explotación de bancos y disposición de material excedente. Las modificaciones del relieve en el caso de la explotación de material de bancos si serán notorias, máxime, cuando se requieren volúmenes considerables, o que las áreas a explotar sean en laderas de pendiente algo pronunciada y/o cuando no se adoptan medidas de mitigación apropiadas durante estas operaciones. Este impacto ha sido calificado como de magnitud variable entre moderada e irrelevante.

- **Alteración de la calidad del paisaje local.**

Durante esta etapa, la calidad del paisaje estará afectada por las mismas actividades descritas para el caso del impacto sobre el relieve, así como también por el desbroce y limpieza a lo largo del trazo y áreas de uso temporal (bancos de materiales, campamento, botaderos y patio de máquinas).

El impacto en el paisaje por el desarrollo de estas actividades estará en función de las dimensiones de las áreas a intervenir, habiendo sido calificado como de magnitud moderadamente baja, por lo que en el caso de los bancos y botaderos depósitos de material excedente.

- **Afectación de la flora.**

La cobertura vegetal en el ámbito del proyecto en ejecución se contempla se vea afectada por el desarrollo de las operaciones constructivas de la carretera proyectada, principalmente durante el desbroce y limpieza del terreno, explotación del banco, transporte de material, disposición de material excedente, operación de maquinaria pesada y ligera y campamento y patio de máquinas. La magnitud de este impacto será de magnitud moderada a irrelevante, según la naturaleza de las actividades descritas.

- **Perturbación de la fauna.**

Se estima que la posibilidad de afectación a la fauna estuvo referida básicamente a las operaciones descritas para el caso de las afectaciones a la flora. Sin embargo, considerando que en el área directa de obras y áreas aledañas no existen hábitat faunísticos de interés que puedan ser perturbados por el desarrollo de estas operaciones, pues la fauna existente es común en los ambientes andinos, y que las áreas de intervención serán relativamente pequeñas en relación a la amplitud de los ecosistemas de este sector de los andes del país, se estima que este impacto sea de baja magnitud, y en algunos casos moderada, siendo las especies de reptiles (lagartijas y culebras) y arácnidos las que resulten más afectadas.

- **Tránsito vial.**

Durante el desarrollo de las operaciones constructivas del tramo vial proyectado (Desbroce y limpieza, cortes en roca fija, cortes en roca suelta, conformación de pavimento, transporte de material y operación de la maquinaria pesada y ligera). Este impacto ha sido calificado como de baja magnitud.

- **Riesgo de accidentes y afecciones respiratorias en el personal de obra.**

Durante la ejecución de la carretera este impacto estará referido al riesgo de accidentes y afecciones respiratorias en el personal de obra que sería ocasionado por la emisión de gases y material particulado proveniente de la extracción de material de las canteras y de los movimientos de tierra durante los cortes a lo largo del trazo y, en menor medida, durante el desarrollo de las demás actividades del proyecto. El riesgo de accidentes será mayor durante las actividades de cortes de roca suelta y fija y durante la explotación de la cantera de cerro.

Impactos Positivos.

- **Generación de empleo.**

Este impacto estará referido a la generación de empleo que demandara la ejecución de las actividades del proyecto. La demanda de mano de obra estará conformada desde la categoría especializada hasta las categorías inferiores y no especializadas de la escala laboral; vale decir, peones y ayudantes de obra. Considerando la preferencia a la mano de obra local, este impacto se producirá en la población de Condega y la Comunidad de San Diego.

Este Impacto contribuirá a incrementar los ingresos de los pobladores, generando mejores condiciones de acceso a los bienes y servicios, venta de productos y frutales lo que a su vez se traducirá en una mejora en el nivel de vida de la población beneficiada.

- **Dinamización de la economía local.**

El incremento en la demanda de bienes y servicios, asociado a las necesidades de Abastecimiento durante el proceso constructivo de la carretera proyectada, ocasionara un aumento en la dinámica comercial local; siendo más perceptible en las localidades más próximas como Condega y San Diego. Por las mismas consideraciones expuestas para el caso de la generación de empleo, se estima que este impacto es también de mediana a alta magnitud.

- **Transporte y vialidad.**

Este impacto positivo, se ve intensificado por las oportunidades de comunicación y acceso entre las diferentes zonas del área de influencia (Condega y San Diego). Se estima que este impacto sea de alta magnitud.

Tabla N°34: Identificación de Impactos Negativos durante la etapa de construcción del proyecto.

Matriz Causa -Efecto de Impactos Negativos.						M001					
FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO		Etapa: Construcción.								Etapa: Operación.	
		Obras Preliminares	Corte de material	Explotación del Banco	Transporte de relleno y compactación de materiales	Colocación de Pavimento Articulado	Construcción de cunetas y vados	Disposición de material excedente	Limpieza Final	Tráfico vehicular.	Mantenimiento de la carretera
Factor	COD	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
CLIMA	M1										
CALIDAD DEL AIRE	M2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
RUIDOS Y VIBRACIONES	M3	X	X	X	X	X	X		X	X	
GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA	M4	X	X	X							
HIDROLOGIA SUPERFICIAL	M5		X		X		X				
SUELO	M6	X	X	X		X		X			X
VEGETACIÓN	M7	X	X	X							X
FAUNA	M8	X	X	X	X					X	
RELACIONES ECOLÓGICAS	M9										
SISTEMA DE ASENTAMIENTO	M10										
TRANSPORTE Y VIALIDAD	M11		X		X						
ACUEDUCTO	M12										
ALCANTARILLADO	M13										
TRATAMIENTO DES. SÓLIDOS	M14										
HABITAT HUMANO	M15										
ESPACIOS PÚBLICOS	M16										
PAISAJE	M17			X	X		X	X			
EQUIPAMIENTO DE SERVICIO	M18										
REGULACIONES URB. Y ARQ.	M19										
SALUD	M20		X		X		X	X	X		
CALIDAD DE VIDA	M21										
FACTORES SOCIOCULTURALES	M22										
VULNERABILIDAD	M23										
ECONOMIA	M24										
RELACIONES DEPENDENCIA	M25										
FUENTES ENERGÉTICAS	M26										

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°35: Identificación de Impactos Positivos durante la etapa de construcción del proyecto.

Matriz Causa -Efecto de Impactos Positivos.						M001					
FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO		Etapa: Construcción.								Etapa: Operación.	
		Obras Preliminares	Corte de material	Explotación del Banco	Transporte de relleno y compactación de materiales	Colocación de Pavimento Articulado	Construcción de cunetas y vados	Disposición de material excedente	Limpieza Final	Tráfico vehicular.	Mantenimiento de la carretera
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
CLIMA	M1										
CALIDAD DEL AIRE	M2										
RUIDOS Y VIBRACIONES	M3										
GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA	M4										
HIDROLOGIA SUPERFICIAL	M5						X		X		
SUELO	M6										
VEGETACIÓN	M7										
FAUNA	M8										
RELACIONES ECOLÓGICAS	M9										
SISTEMA DE ASENTAMIENTO	M10										
TRANSPORTE Y VIALIDAD	M11					X	X				
ACUEDUCTO	M12										
ALCANTARILLADO	M13										
TRATAMIENTO DES. SÓLIDOS	M14										
HABITAT HUMANO	M15						X				
ESPACIOS PÚBLICOS	M16										
PAISAJE	M17					X	X		X		X
EQUIPAMIENTO DE SERVICIO	M18										
REGULACIONES URB. Y ARQ.	M19						X				
SALUD	M20					X					X
CALIDAD DE VIDA	M21					X	X		X	X	X
FACTORES SOCIOCULTURALES	M22										
VULNERABILIDAD	M23										
ECONOMIA	M24	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
RELACIONES DEPENDENCIA	M25										
FUENTES ENERGÉTICAS	M26										

Fuente: Elaboración propia.

Los Principales impactos Negativos y Positivos identificados en la **Etapas de Operación** son:

Impactos Positivos.

- **Mejoramiento de la transitabilidad vial.**

Durante el funcionamiento de la carretera rehabilitada y mejorada se mejorara la transitabilidad e interconexión entre Condega y San Diego, y de éstas con los poblados vecinos. Por la importancia que la red vial tiene para el desarrollo socioeconómico de los pueblos, este impacto ha sido calificado como de alta magnitud.

- **Generación de empleo.**

Durante la etapa de funcionamiento, la mejora de la transitabilidad local por la presencia de la nueva carretera permitirá dinamizar las actividades económico-productivas del ámbito de proyecto, así como la comercialización de productos, lo que se traducirá en un incremento sustancial en la generación de empleo. Por ello, este impacto ha sido calificado como de moderada magnitud.

- **Dinamización de la economía.**

La mejora de la transitabilidad por la presencia de la carretera rehabilitada y mejorada, generará un efecto dinamizador de la producción agropecuaria en el ámbito del proyecto, generando mayores excedentes para el intercambio comercial, lo que se traducirá en mayores ingresos en la economía de la población local. Ello les generará mejores condiciones de acceso a los bienes y servicios, que en su conjunto redundará en una mejora de la calidad de vida de la población beneficiada.

Impactos Negativos.

- **Afectación de la calidad del aire.**

Durante el funcionamiento de la carretera rehabilitada y mejorada se proyectó un incremento del tráfico, lo que a su vez incrementaría la emisión de gases; sin embargo, considerando que dichas emisiones serán lineales y sobre áreas generalmente abiertas, se estima que no causarán mayor perturbación en la calidad del aire local. Por ello, este impacto ha sido calificado como de baja magnitud o irrelevante.

- **Riesgos en la seguridad personal de los usuarios de la vía.**

Este impacto estará sujeto a los riesgos de accidente de tránsito que se generaran durante el funcionamiento de la carretera rehabilitada y mejorada. Siendo los usuarios de ésta los potencialmente afectados. Este impacto ha sido calificado como de moderada magnitud.

- **Fauna.**

Debido al el aumento considerable del tráfico vehicular es más propició la Perturbación de la fauna y aumenta el riesgo de atropellamiento de algunas especies. Este impacto ha sido calificado como de baja magnitud.

- **Vegetación.**

Este impacto está referido básicamente a las modificaciones que se producen en el relieve del área del proyecto por los trabajos de mantenimiento de limpieza de obras de drenaje y control de maleza a ambos lados de la carretera. Este impacto ha sido calificado como de baja magnitud.

5.8.3. Matriz para Valoración de Atributos Ambientales.

La matriz para la valoración de atributos ambientales permite reflejar una relación Causa-Efecto entre las actividades del proyecto y los componentes del medio, de manera que se identifican los efectos directos e indirectos, positivos y negativos que el proyecto genera.

Los efectos identificados se describen con el mayor nivel de precisión posible en dos columnas definidas para tal fin en esta matriz atendiendo a los datos que se cuentan, producto del conocimiento de los impactos que típicamente generan las actividades de proyectos previamente estudiados, o por el análisis de las implicaciones ambientales que este proyecto en particular genera sobre los componentes ambientales según el estado en que estos se presentan, tal como se describió anteriormente.

Tabla N° 36: Matriz Causa - Efecto de Impactos Negativos.

MATRIZ CAUSA-EFECTO DE IMPACTOS NEGATIVOS												M003		
FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO		Etapa: Construcción												
		Acciones Impactantes del proyecto.												
		Obras Preliminares	Corte de material	Explotacion del Banco	Transporte de relleno y compactación de materiales	Colocación de la estructura de Pavimento Articulado	Construcción de cunetas y vados	Disposición de material excedente	Limpieza Final	Tráfico vehicular.	Mantenimiento de la carretera	Valor de la Alteración	Máximo valor de la alteración	Grado de Alteración
Factor	COD	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10			
CLIMA	M1											0	0	0
CALIDAD DEL AIRE	M2	-21	-22	-22	-26	-22	-23	-26	-21	-19	-21	-223	1000	-22
RUIDOS Y VIBRACIONES	M3	-22	-26	-22	-22	-23	-22		-22	-22		-181	800	-23
GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA	M4	-24	-20	-33								-77	300	-26
HIDROLOGIA SUPERFICIAL	M5		-20		-20		-28					-68	300	-23
SUELO	M6	-27	-41	-37		-27		-36			-26	-194	600	-32
VEGETACION	M7	-32	-34	-36							-26	-128	400	-32
FAUNA	M8	-29	-34	-30	-34					-20		-147	500	-29
RELACIONES ECOLOGICAS	M9											0	0	0
SISTEMA DE ASENTAMIENTO	M10											0	0	0
TRANSPORTE Y VIALIDAD	M11		-25		-25							-50	200	-25
ACUEDUCTO	M12											0	0	0
ALCANTARILLADO	M13											0	0	0
TRATAMIENTO DES. SOLIDOS	M14											0	0	0
HABITAT HUMANO	M15											0	0	0
ESPACIOS PUBLICOS	M16											0	0	0
PAISAJE	M17			-26	-22		-26	-32				-106	400	-27
EQUIPAMIENTO DE SERVICIO	M18											0	0	0
REGULACIONES URB. Y ARQ.	M19											0	0	0
SALUD	M20		-37		-20		-26	-20	-20			-123	500	-25
CALIDAD DE VIDA	M21											0	0	0
FACTORES SOCIOCULTURALES	M22											0	0	0
VULNERABILIDAD	M23											0	0	0
ECONOMIA	M24											0	0	0
RELACIONES DEPENDENCIA	M25											0	0	0
FUENTES ENERGETICAS	M26											0	0	0
Valor Medio de Importancia		-26												
Dispersión Típica		6										-1297		
Valor de la Alteración		-155	-259	-206	-169	-72	-125	-114	-63	-61	-73	-1297	5000	
Máximo Valor de Alteración		600	900	700	700	300	500	400	300	300	300		5000	-26
Grado de Alteración		-26	-29	-29	-24	-24	-25	-29	-21	-20	-24			-26

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°37: Matriz Causa - Efecto de Impactos Positivos.

MATRIZ CAUSA-EFECTO DE IMPACTOS POSITIVOS												M003		
FACTORES DEL MEDIO AFECTADOS POR EL PROYECTO		Etapa: Construcción												
		Acciones Impactantes del proyecto.												
		Obras Preliminares	Corte de material	Explotación del Banco	Transporte de relleno y compactación de materiales	Colocación de la estructura de Pavimento Articulado	Construcción de cunetas y vados	Disposición de material excedente	Limpieza Final	Tráfico vehicular.	Mantenimiento de la carretera	Valor de la Alteración	Máximo valor de la alteración	Grado de Alteración
Factor	COD	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10			
CLIMA	M1											0	0	0
CALIDAD DEL AIRE	M2											0	0	0
RUIDOS Y VIBRACIONES	M3											0	0	0
GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA	M4											0	0	0
HIDROLOGIA SUPERFICIAL	M5						53		40			93	200	47
SUELO	M6											0	0	0
VEGETACION	M7											0	0	0
FAUNA	M8											0	0	0
RELACIONES ECOLOGICAS	M9											0	0	0
SISTEMA DE ASENTAMIENTO	M10											0	0	0
TRANSPORTE Y VIALIDAD	M11					78	60					138	200	69
ACUEDUCTO	M12											0	0	0
ALCANTARILLADO	M13											0	0	0
TRATAMIENTO DES. SOLIDOS	M14											0	0	0
HABITAT HUMANO	M15						55					55	100	55
ESPACIOS PUBLICOS	M16											0	0	0
PAISAJE URBANO	M17					60	40		40		60	200	400	50
EQUIPAMIENTO DE SERVICIO	M18											0	0	0
REGULACIONES URB. Y ARQ.	M19						52					52	100	52
SALUD	M20					26					53	79	200	40
CALIDAD DE VIDA	M21					40	40		40	60	60	240	500	48
FACTORES SOCIOCULTURALES	M22											0	0	0
VULNERABILIDAD	M23											0	0	0
ECONOMIA	M24	30	40	36	40	53	60	30	40	75	40	444	1000	44
RELACIONES DEPENDENCIA	M25											0	0	0
FUENTES ENERGETICAS	M26											0	0	0
Valor Medio de Importancia		48												
Dispersión Típica		13										1301		
Valor de la Alteración		30	40	36	40	257	360	30	160	135	213	1301	2700	
Máximo Valor de Alteración		100	100	100	100	500	700	100	400	200	400		2700	48
Grado de Alteración		30	40	36	40	51	51	30	40	68	53			48

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°38: Resumen de los Impactos Ambientales Negativos Generados por el restablecimiento de la red vial.

Evaluación de Impactos Negativos.			
Críticos	Moderados	Irrelevantes	Total
0	14	34	48
0.00%	29.17%	70.83%	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla de resumen, el proyecto no generará impactos críticos o altamente relevantes, el 65.71% corresponden impactos irrelevantes o pocos significativos y el 34.29% son impactos moderados, es decir deberán tomarse en consideración.

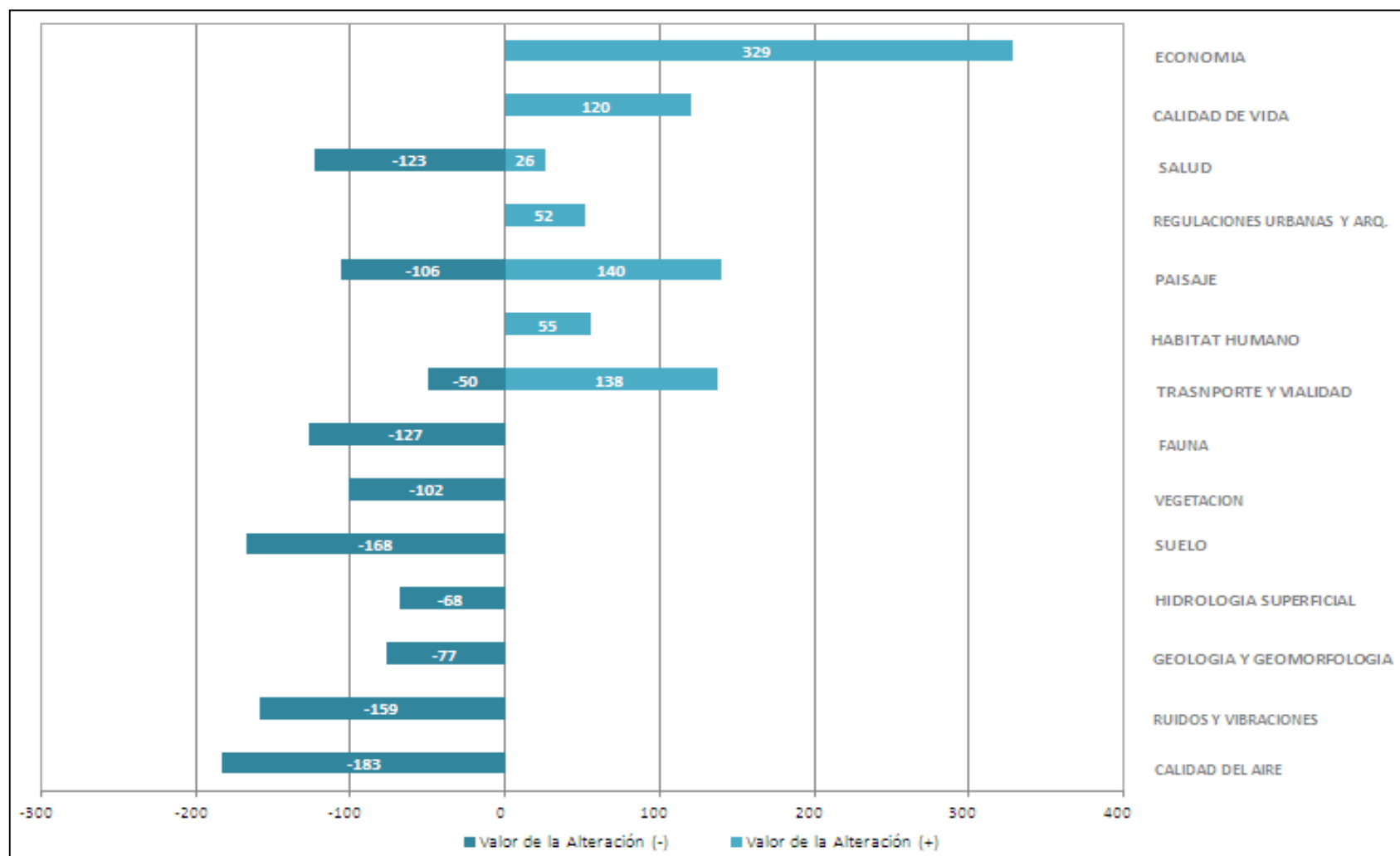
Tabla N°39: Resumen de los Impactos Ambientales Positivos Generados por el restablecimiento de la red vial.

Evaluación de Impactos Positivos.			
Críticos	Moderados	Irrelevantes	Total
14	13	1	28
50.0%	46.43%	3.57%	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

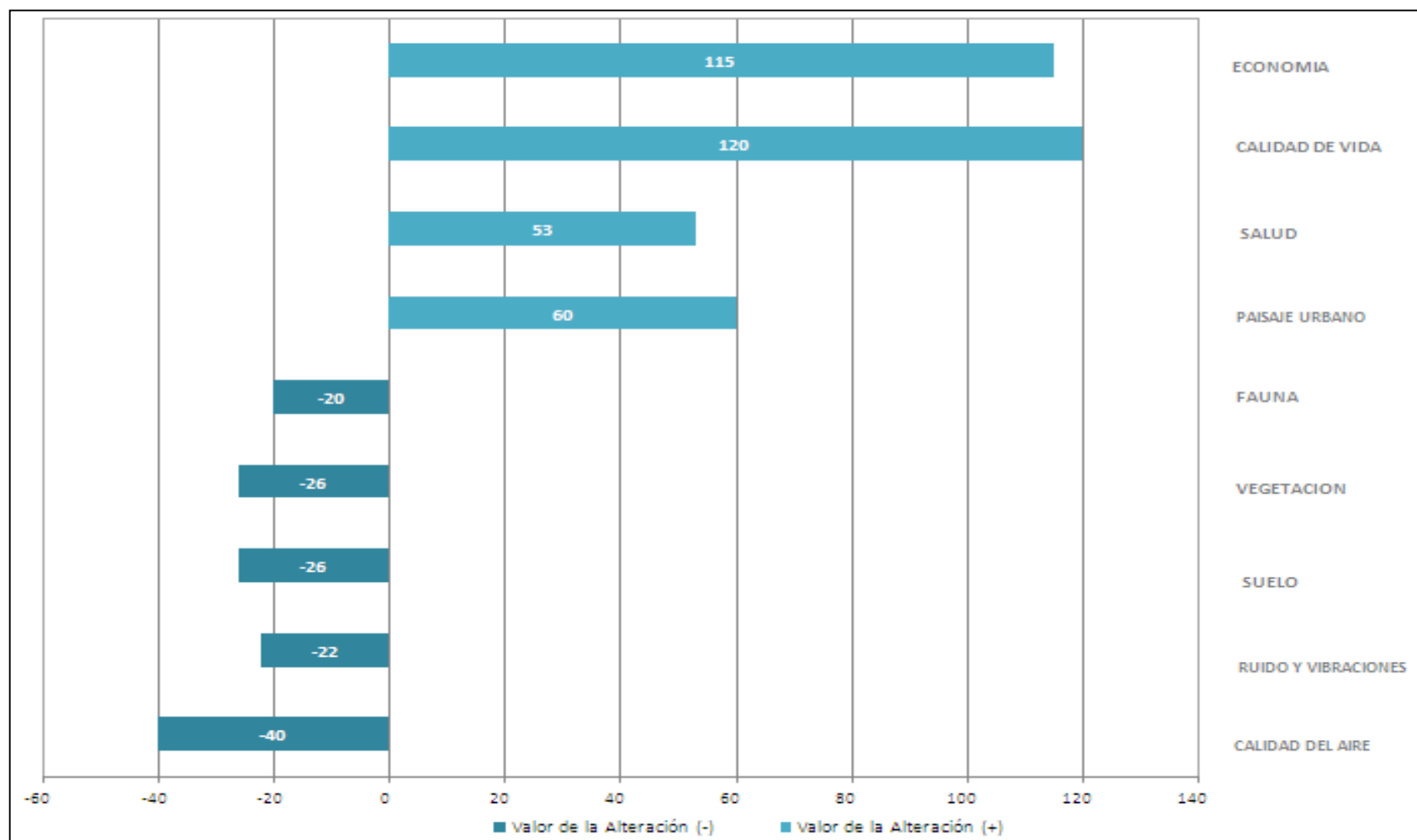
Según la tabla de resumen, el 23.53% de los impactos totales son relevantes o significativos, el 76.47% son moderados, es decir, deberán tomarse en consideración.

Gráfico N°13: Factores del medio afectados en la Etapa de Construcción.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N°14: Factores del medio afectados en la Etapa de Operación.



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico N°13, se muestran los resultados expuestos en una matriz de resumen de todos los tramos analizados para la etapa de construcción. De esta manera, se pudo determinar los factores ambientales más afectados, negativamente, son el Aire (-183), Suelo (-168), la Fauna (-127) y la Salud (-123). También se aprecian factores ambientales afectados positivamente, como es el caso del Económico (329) y transporte y vialidad (138).

En el gráfico N°14, se muestran los resultados expuestos en una matriz de resumen de todos los tramos analizados para la etapa de operación. De esta manera, se pudo determinar los factores ambientales más afectados, negativamente, son la calidad del Aire (-40), y ruido (-22), estos causados por el tráfico vehicular. En cuanto al mantenimiento periódico los factores más afectados son la Vegetación (-26), y Suelo (-26). También se aprecian factores ambientales afectados positivamente, como es el caso del Económico (115) y Calidad de vida (120).

5.8.4. Diseño de Medidas de Mitigación y Prevención.

Las medidas de mitigación y prevención ambiental de los impactos generados por las actividades de construcción del tramo Condega-San Diego, serán planteadas como un instrumento básico de gestión ambiental que determina y define las diferentes tareas y acciones que se deberán realizar para evitar, reducir y/o mitigar los impactos negativos que se generen durante la ejecución de las actividades constructivas de la carretera, así como incentivar los probables impactos positivos.

Para permitir un adecuado grado de aplicabilidad en el proyecto durante su etapa de construcción, en este capítulo se han agrupado las medidas de mitigación y prevención:

Tabla N°40: Medidas para el Medio Abiótico.

IMPACTO	Aceleración de procesos de erosión					
TIPO DE MEDIDA	Prevención	X	Control	X	Mitigación	
ACCIONES DE MITIGACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Limitar las áreas a ser desbrozadas a lo estrictamente necesario, tanto dentro del derecho de vía, como en áreas utilitarias para campamentos y plantas industriales. • Se protegerán los terraplenes elevados mediante la colocación de geomantas combinadas con revegetación. Especialmente en los terraplenes de los puentes. • Revegetación de áreas intervenidas tales como campamentos, plantas industriales, bancos de préstamo, etc. 					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°41: Medidas para el Medio Abiótico.

IMPACTO	Destrucción del suelo					
TIPO DE MEDIDA	Prevención	X	Control	X	Mitigación	
ACCIONES DE MITIGACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Limitar las áreas de intervención a lo estrictamente necesario, dentro del derecho de vía, y en áreas utilitarias para campamentos y plantas industriales. • Realizar la escarificación de los suelos al finalizar las actividades constructivas, como actividades de restauración de sitios. • Promover la regeneración natural de vegetación de las áreas afectadas, especialmente en campamentos y plantas industriales. 					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°42: Medidas para el Medio Abiótico.

IMPACTO	Contaminación del suelo					
TIPO DE MEDIDA	Prevención	X	Control		Mitigación	X
ACCIONES DE MITIGACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • El abastecimiento de combustible y las operaciones de mantenimiento se realizarán dentro de maestranzas y talleres. • En caso de derrames al suelo, se realizara la limpieza inmediata del suelo. • Las zonas de surtidores y depósitos de materiales peligrosos contarán con una capa de ripio que sirva como sustrato para recibir posibles fugas y derrames. 					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°43: Medidas para el Medio Abiótico.

IMPACTO	Deterioro de la calidad del agua superficial					
TIPO DE MEDIDA	Prevención	X	Control		Mitigación	X
ACCIONES DE MITIGACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer zonas de almacenamiento de materiales peligrosos alejados de los cursos de ríos a una distancia mínima de 100 m. • Establecer zonas de lavado de maquinaria y equipo con sistemas de captura o trampas de sedimentos. • Las aguas residuales de campamentos y de uso industrial deben ser tratadas con carácter previo a su descarga. • Se prohíbe el vertido en los ríos, de hormigón residual producto de la construcción de obras de drenaje y puentes. 					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°44: Medidas para el Medio Abiótico.

IMPACTO	Alteración del régimen hídrico superficial					
TIPO DE MEDIDA	Prevención	X	Control		Mitigación	X
ACCIONES DE MITIGACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar el vadeo en quebradas y ríos durante el funcionamiento de desvíos. • Minimizar el desvío de cauces durante la construcción de alcantarillas y puentes • La explotación de bancos de préstamo aluvial no deberá profundizarse más de 1,5 m y se evitara explotar material del lecho activo del río. • Evitar el vertido de escombros y excedentes de corte en los lechos del río. • Protección de los bosques de galería y vegetación de las riberas. 					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°45: Medidas para el Medio Abiótico.

IMPACTO	Incremento de partículas en suspensión a la atmósfera					
TIPO DE MEDIDA	Prevención	X	Control		Mitigación	X
ACCIONES DE MITIGACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Respetar los lugares y cantidades establecidas para la explotación de áridos para evitar una sobreexplotación de los mismos. • Para el transporte de materiales se deberá cubrir los camiones con lonas y de ser posible transportar los materiales húmedos. • Para mitigar el efecto producido por las emisiones de polvo y partículas debido al tránsito de vehículos y maquinarias por los accesos desprovistos de capa de rodadura se recomienda en épocas secas el humedecimiento periódico con agua de dichas vías. Bajo ninguna circunstancia se permitirá el riego con aceite quemado u otros elementos contaminantes. 					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°46: Medidas para el Medio Abiótico.

IMPACTO	Emisiones Atmosféricas de COx y NOx					
TIPO DE MEDIDA	Prevención	X	Control	X	Mitigación	
ACCIONES DE MITIGACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • El equipo y maquinaria deberán estar sujetos a un mantenimiento periódico de acuerdo con las especificaciones técnicas operando para cumplir con límites de calidad de aire. Esta medida permitirá obtener una combustión completa, un funcionamiento adecuado de los equipos y una reducción en los niveles de ruido. • Se tendrá la obligación de realizar un autocontrol de las emisiones de su maquinaria, equipo y vehículos durante las etapas de construcción y mantenimiento verificando que dichas emisiones se encuentren dentro de las normas descritas. 					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°47: Medidas para el Medio Abiótico.

IMPACTO	Destrucción de la cobertura vegetal					
TIPO DE MEDIDA	Prevención	X	Control	X	Mitigación	
ACCIONES DE MITIGACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Reutilización del material para posteriores actividades como arroje de taludes, reforestación, etc. • El desbroce, desmonte y limpieza del terreno deberá restringirse a lo indicado en las especificaciones técnicas de la ingeniería del proyecto para evitar mayor deterioro de la flora y destrucción del hábitat natural de la fauna de la zona. • Realizar un programa de rescate de flora, previo al desmonte, especialmente la que sea de utilidad en la región o especies propias del lugar y no así especies foráneas. 					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°48: Medidas para el Medio Abiótico.

IMPACTO	Incremento de Niveles Sonoros					
TIPO DE MEDIDA	Prevención	X	Control	X	Mitigación	
ACCIONES DE MITIGACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación de sistemas de confinamiento de ruido en compresora y motores generadores en los campamentos y áreas industriales, consistentes de mamparas o muros aislantes de ruido. • Se deberá dotar y establecer el uso obligatorio de protectores auditivos para el personal que trabaje o se encuentre frecuentemente cerca de la maquinaria o equipo que emite ruidos. • El equipo y maquinaria deberán estar sujetos a un mantenimiento periódico de acuerdo a las especificaciones técnicas. Esta medida permitirá obtener un funcionamiento adecuado de los equipos y una reducción en los niveles de ruido. 					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°49: Medidas para el Medio Biótico.

IMPACTO	Destrucción del Hábitat					
TIPO DE MEDIDA	Prevención	X	Control	X	Mitigación	
ACCIONES DE MITIGACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar la intrusión en áreas con valor ecológico mayor. • Restringir el acceso a personas ajenas a las actividades que se están desarrollando. • Realizar el desmonte de manera paulatina para permitir el desplazamiento de la fauna. • Se debe evitar en todo lo posible la modificación de terrenos innecesaria. • El sistema de señalización no sólo deberá alertar de desvíos o peligros a los vehículos, también deberá prevenir al peatón sobre la existencia de animales que habitan en el área y que pueden ser dañados en los cruces con la ruta. • También la señalización mostrara e identificar a los tipos o especies nativas que deberán ser protegidas. 					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°50: Medidas para el Medio Biótico.

IMPACTO	Efecto Barrera					
TIPO DE MEDIDA	Prevención		Control		Mitigación	X
ACCIONES DE MITIGACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • El desbroce, desmonte y limpieza del terreno deberá restringirse a lo indicado en las especificaciones técnicas de ingeniería del proyecto para evitar mayor deterioro de la flora y destrucción del hábitat natural de la fauna de la zona. • Protección de bosques de riber y de galería por constituirse en corredores biológicos naturales de fauna. • Capacitar al personal sobre la importancia de la fauna. 					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°51: Medidas para el Medio Biótico.

IMPACTO	Alteración y/o migración de especies endémicas y protegidas					
TIPO DE MEDIDA	Prevención	X	Control		Mitigación	X
ACCIONES DE MITIGACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar el desmonte de manera paulatina para permitir el desplazamiento de la fauna • Capacitar al personal sobre la importancia de la fauna. • Evitar la caza y pesca recreacional de parte de los trabajadores de Construcción. • Controlar las emisiones de ruido y polvo. 					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°52: Medidas para el Medio Socioeconómico y cultural.

IMPACTO	Afectación a la salud y seguridad publica					
TIPO DE MEDIDA	Prevención	X	Control	X	Mitigación	
ACCIONES DE MITIGACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Los campamentos deberán contar con un sistema de saneamiento, adecuada disposición final de excretas y residuos sólidos. • Se deberá instalar un adecuado sistema de señalización de zonas que garantice la seguridad de la población local principalmente en las proximidades de los centros poblados. 					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°53: Medidas para el Medio Socioeconómico y cultural.

IMPACTO	Incremento del riesgo de atropellamiento de personas					
TIPO DE MEDIDA	Prevención	X	Control		Mitigación	
ACCIONES DE MITIGACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer un sistema de seguridad en las zonas de mayor tránsito, para evitar el paso de personas ajenas a la zona de trabajo. • Señalizar adecuadamente la zona de trabajo y el tramo de mayor circulación vehicular y hacer conocer a los pobladores. • Recomendar a los trabajadores no exceder la velocidad establecida. • Los vehículos deben contar con un botiquín de primeros auxilios. • Se deben cumplir con todas las normas establecidas en el Código de Transito. 					

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES.

Se realizó el diseño estructural del Pavimento Articulado del Sub-Tramo de carretera Condega-San Diego (4.00 Km) en el municipio de Condega, Departamento de Estelí. Al realizar dicho diseño se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

- ESTUDIO GEOTECNICOS

Se realizaron 40 sondeos manuales a lo largo del tramo, con separación entre ellos de 100 m, en los cuales se realiza ensayos de suelos según clasificación de la AASHTO los suelos más predominantes; A-2-6; A-2-4; A-2-7; A-1-A.

En cuanto a los bancos se localizaron tres fuentes de materiales de préstamos cerca del área del proyecto, estos bancos son; Banco N° 1: Juan A. Rodríguez, Banco N°2: Jaime Chavarría, Banco N°3: Adolfo Benavidez, no cumplen con la sección 1003.23 II b de la NIC-2000 que indica; que para bases incluyendo las estabilizados mecánicamente el CBR del 95% de compactación deberá ser 80% mínimo.

Según la sección 1003.23 II de la NIC-2000, la resistencia del suelo cemento a los 7 días de edad por lo menos debe ser 1800 KN/m² o 21 Kg/cm², por lo tanto el Banco N°3 cumple con este requerimiento, ya que obtuvo una resistencia de acuerdo a la NIC-2000, por lo que el material de este será utilizado como base Granular.

Para sub-base Granular se decidió escoger el Banco N°1 ya que cumple con el requerimiento de la NIC 2000 que para sub-base el CBR al 95% deber ser de 40% mínimo, en este caso su CBR es de 44% al 95%.

- ESTUDIO DE TRANSITO.

El factor de ajuste utilizado fue el de la estación N°107 (Sébaco–Empalme San Isidro), se obtuvo un TPDA de 170 vehículos por día a partir de Conteos vehiculares realizados por siete días, 12 horas de 6:00 AM -6:00 PM en un punto de control dentro de un área perimetral estación 1+500 de la carretera. En Base al TPDA el tráfico tuvo una composición vehicular de 40% de vehículos Pesados, 54% de vehículos Livianos y el 6% de vehículo de pasajero.

Para determinar la Tasa Anual de Crecimiento a ser empleada, se analizaron las estadísticas nacionales del Producto Interno Bruto, el crecimiento del tránsito en la estación permanente N°107 y el crecimiento de la población. A partir del análisis de estas variables se obtuvo una tasa de crecimiento del 4.29%, tomando en cuenta un periodo de diseño de 20 años. Con los cálculos de los factores de cargas de Ejes Equivalentes de las Tablas establecidas por la AASHTO y el tránsito de diseño se obtiene el número estimado de ejes equivalente de 8.2 ton para el período de diseño de la vía siendo de $W_{18}=742,441$.

- ESTUDIO DE PAVIMENTO

El Diseño de la Estructura de Pavimento se llevó a cabo mediante el método de la AASHTO – 93 cumplirá estructuralmente a los esfuerzos que será sometido; estará compuesta por una capa de rodadura de adoquín, con un espesor estándar de 4.00 pulgadas, este mismo descansara sobre una cama de arena de 2.00 pulgadas, una base granular de 6.00 pulgadas, la capa sub-base no se empleará, debido a que, resulta en un valor negativo.

Para comparar y comprobar los resultados obtenidos en los cálculos se determinaron los espesores de las diferentes capas de pavimentos utilizando el software “**WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4)**”, que está basado en la guía para el diseño de estructuras de pavimento de la AASHTO.

Este software resulto ser una herramienta útil que agiliza y facilita los cálculos para el diseño al proponer los espesores en el programa de la AASHTO 93, podemos apreciar que en los resultados cumple con el SN requerido que nos da 2.58.

Los espesores de las capas que constituyen la estructura de pavimento del Tramo de Carretera Condega-San Diego satisfacen las condiciones y demanda particular del proyecto para el período de diseño. La construcción del tramo de carretera Condega-San Diego, es muy importante porque se estaría completando una colectora rural muy importante, que supone la obtención de beneficios por la disminución de los costos de operación vehicular, vinculados al mejoramiento de la vía.

- ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

A partir de los elementos e información obtenidos durante el proceso de realización del Evaluación de Impacto Ambiental del proyecto, se han identificado y evaluado un total de 48 potenciales impactos ambientales negativos para las etapas de construcción y operación. La mayor parte de los impactos son de carácter directo, especialmente en la etapa de construcción. Los impactos negativos son en su gran mayoría de una irrelevante a moderada significancia.

Se tendrán impactos positivos principalmente en la etapa de operación los cuales están asociados con un futuro inducido de desarrollo para el área de Influencia. Los impactos positivos son en su gran mayoría de significancia elevada.

Para realizar un adecuado manejo ambiental de los potenciales impactos identificados en el proyecto, se han planteado las medidas de mitigación ambiental, organizadas inicialmente como medidas para cada impacto identificado y también en forma de medidas de prevención control y mitigación.

RECOMENDACIONES.

- Establecer medidas de control para la circulación vehicular sobre la vía en estudio, con el objetivo de evitar que vehículos fuera de diseño (que exceden el límite de carga) transiten y provoquen daño prematuro de la vía.
- Se deberá llevar un estricto control de compactación de campo al momento de colocar los materiales de los bancos.
- Garantizar que la mezcla del material del banco de préstamo N°3 Adolfo Benavidez con cemento se encuentre libre de cualquier agente contaminante.
- Verificar que la calidad de los materiales es la determinada en el diseño, que cumplan con las especificaciones de calidad y resistencia propuestas en las Normas Nic- 2000.
- Garantizar que los materiales a utilizarse sean adquiridos en fábricas certificadas, como una forma de asegurarse de que cumplan con la calidad requerida.

BIBLIOGRAFIA.

AASHTO, e. a. (93). Diseño de Pavimentos AASHTO 93 (3ra edicion). San Juan: instituto Nacional de Carreteras de Estados Unidos.

Ayllón Acosta, J. (2004). Guia de pavimentos de concreto Asfaltico. Cochabamba Bolivia: Cochabamba.

Conesa Fdez, V. (2010). Guia Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.

Fonseca, A. M. (2011). Ingenieria de Pavimentos para Carreteras 2da.

Hernandez, M. I. (2011). Ingenieria de Trafico. Esteli: Universidad Nacional de Ingeniría (UNI-RUACS).

Hoel, N. J. (2005). Ingeniería de Tránsito y carreteras. Mexico: International Thomson Editores, S.A. de C.V.

MTI. (2008). Manual para Revisión de Estudios Geotécnicos.

MTI. (2015). Anuario de Aforos de Tráfico . Managua.

NIC. (2000). Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes.

SIECA. (2004). Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales.

Villalaz, C. (1976-1980). Mecánica de Suelos y Cimentaciones. Monterrey - México: Limusa Noriega Editores.

ANEXOS:

Fotos N° 1: Estado de la carpeta de rodamiento, Est. 0+000.



Fuente: propia.

Fotos N°2: Deterioro moderado de la carpeta de rodamiento, Est. 1+500.
(Estación de Aforo vehicular).



Fuente: propia.

Fotos N° 3: Estancamiento del agua por mal estado del drenaje, Est. 2+700.



Fuente: propia.

Fotos N°4: Erosión y derrumbe de parte de la carretera, Est. 3+200.



Fuente: propia.

Tabla N°54: Clasificación de Suelos (AASHTO).

TABLA Nº 1 : Clasificación de Suelos según AASHTO											
CLASIFICACION GENERAL	Materiales Granulares (igual o menor del 35% pasa el tamiz Nº 200)							Materiales Limo - Arcillosos (más del 35% que pasa el tamiz Nº 200)			
GRUPOS	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
SUB - GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
											A-7-6
% que pasa el Tamiz:											
Nº 10	50 máx.										
Nº 40	30 máx.	50 máx.	51 máx.								
Nº 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características del Material que pasa el tamiz Nº 40											
Límite Líquido			NO PLÁSTICO	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 máx.
Índice de Plasticidad	6máx	6 máx.		10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Tipos de Material	fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Grava, arenas limosas y arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
Terreno de Fundación	Excelente a Bueno					Regular a Deficiente					
NOTA: El índice de plasticidad de los suelos A-7-5 es igual o menor que su Límite Líquido 30, el de los A-7-6 mayor que su Límite Líquido (fig. 1) se halla indicada la relación ente lo LL e IP de los materiales finos. Dicho de otro modo, el grupo A-7 es subdividido en A-7-5 ó A-7-6 dependiendo del Límite Plástico (L.P.) Si el LP ≥ 30, la clasificación es A-7-6 Si el LP < 30, la clasificación es A-7-5											

Fuente: Libro de diseño de pavimentos, AASHTO 93.

Tabla N°55: Resultados de Laboratorio.

SONDEO No.	ESTACION Km + m	PROFUNDIDAD (cm)		DESCRIPCION DEL MATERIAL	GRANULOMETRIA										Límites		Clasificación		Humedad %
		De	A		3"	2"	1	½"	¾"	3/8"	4	10	40	200	LL	IP	AASHTO		
																	Grupo	IG	
1	0+100	0	55	Arcilla y Arena	100	98	85	67	58	42	29	22	15	10	31	13	A-2-6	0	9.2
	0+100	35	55	Arcilla y Arena	100	96	89	74	68	47	35	27	18	11	32	15	A-2-6	0	6.3
	0+100	55	80	Arcilla Alta	100	100	100	100	100	100	100	94	91	87	107	72	A-7-5	72	35.7
	0+100	80	110	Arcilla Alta	100	100	100	100	100	100	100	94	91	87	107	72	A-7-5	72	46.9
	0+100	110	150	Arena Limosa	100	100	100	100	100	100	100	94	71	49	57	25	A-7-5	9	40.8
2	0+200	0	40	Arcilla y Arena	100	98	85	67	58	42	29	22	15	10	31	13	A-2-6	0	7.5
	0+200	40	150	Grava pobremente gradada con Limos	100	88	80	64	50	31	20	15	11	7	33	8	A-2-4	0	13.1
3	0+300	0	35	Arcilla y Arena	100	98	85	67	58	42	29	22	15	10	31	13	A-2-6	0	6.8
	0+300	35	150	Arcilla y Arena	100	96	89	74	68	47	35	27	18	11	32	15	A-2-6	0	9.5
4	0+400	0	40	Arcilla y Arena	100	98	85	67	58	42	29	22	15	10	31	13	A-2-6	0	6.5
	0+400	40	150	Arcilla y Arena	100	96	89	74	68	47	35	27	18	11	32	15	A-2-6	0	19.8
5	0+500	0	10	y Arena	100	91	91	70	57	40	28	20	12	9	20	3	A-1-a	0	2.3
	0+500	10	25	y Arena	94	89	70	61	54	38	25	17	10	5	30	6	A-1-a	0	7.2
	0+500	25	150	Grava Limosa con Arena	100	100	100	97	89	72	55	36	23	15	0	NP	A-1-a	0	7.9
6	0+600	0	25	Arcilla y Arena	100	100	94	77	69	50	37	28	18	12	35	16	A-2-6	0	7.7
	0+600	25	80	Arcilla y Arena	100	96	89	74	68	47	35	27	18	11	32	15	A-2-6	0	11
	0+600	80	150	Arcilla	100	91	76	63	54	34	23	18	13	9	49	24	A-2-7	0	12.2
7	0+700	0	35	Arcilla y Arena	100	100	94	77	69	50	37	28	18	12	35	16	A-2-6	0	4.4
	0+700	35	120	Grava pobremente gradada con Limos	100	88	80	64	50	31	20	15	11	7	33	8	A-2-4	0	12.1
8	0+800	0	10	Arcilla y Arena	100	100	94	77	69	50	37	28	18	12	35	16	A-2-6	0	5.2
	0+800	10	40	Grava Arcillosa con Arena	91	79	71	66	61	48	35	29	20	13	38	16	A-2-6	0	12.9
	0+800	40	150	Grava Arcillosa con Arena	100	100	96	95	92	82	63	53	39	28	45	21	A-2-7	0	19.5
9	0+900	0	20	Arcilla y Arena	100	100	94	77	69	50	37	28	18	12	35	16	A-2-6	0	5
10	1+000	0	25	Arena	86	57	54	48	44	35	26	15	8	5	-	NP	A-1-a	0	2.5
	1+000	25	150	Grava pobremente gradada con Limos	80	70	60	47	41	29	19	13	9	8	-	NP	A-1-a	0	8.5
11	1+100	0	15	Arcilla y Arena	100	95	87	73	63	43	30	22	13	8	26	10	A-2-4	0	3.4
	1+100	15	150	Arcilla	83	68	61	49	42	31	20	16	11	8	41	20	A-2-7	0	9.9
12	1+200	0	5	Arcilla y Arena	100	95	87	73	63	43	30	22	13	8	26	10	A-2-4	0	5.7
	1+200	5	40	Grava Limosa con Arena	100	93	93	89	86	80	55	51	42	30	47	18	A-2-7	0	24.3
	1+200	40	150	Grava Arcillosa	86	76	68	61	57	47	35	29	24	20	37	14	A-2-6	0	17.4
13	1+300	0	30	Arcilla y Arena	100	95	87	73	63	43	30	22	13	8	26	10	A-2-4	0	5.8
	1+300	30	150	Arcilla y Arena	100	98	84	69	64	47	30	22	15	12	39	18	A-2-6	0	14.6

Fuente: Alcaldía Municipal de Condega –EDICO.

Tabla N°56: Resultados de Laboratorio.

SONDEO No.	ESTACION Km + m	PROFUNDIDAD (cm)		DESCRIPCION DEL MATERIAL	GRANULOMETRIA												Límites		Clasificación		Humedad %
		De	A		3"	2"	1	1/2"	3/4"	3/8"	4	10	40	200	LL	IP	AASHTO				
																	Grupo	IG			
14	1+400	0	30	Arcilla y Arena	100	95	87	73	63	43	30	22	13	8	26	10	A-2-4	0	5.9		
	1+400	30	150	Grava Limosa con Arena	100	95	93	89	88	74	53	48	41	34	55	24	A-2-7	2	29.9		
15	1+500	0	15	Arcilla y Arena	86	73	68	50	45	35	27	20	12	8	28	10	A-2-4	0	5.4		
	1+500	15	70	y Arena	100	83	74	70	64	50	37	20	12	9	-	NP	A-1-a	0	10		
	1+500	70	120	Grava bien gradada	87	68	51	36	33	24	16	10	5	3	-	NP	A-1-a	0	4.7		
16	1+600	0	10	Arcilla y Arena	100	95	87	73	63	43	30	22	13	8	26	10	A-2-4	0	7.2		
	1+600	10	150	Grava Arcillosa con Arena	100	100	91	81	78	66	49	33	21	14	38	14	A-2-6	0	14.7		
17	1+700	0	50	Arcilla y Arena	100	95	87	73	63	43	30	22	13	8	26	10	A-2-4	0	3.1		
	1+700	50	80	Grava bien gradada con Arena	100	91	84	69	64	44	29	17	9	4	19	4	A-1-a	0	3.1		
18	1+800	0	30	Arcilla y Arena	100	95	87	73	63	43	30	22	13	8	26	10	A-2-4	0	7.6		
	1+800	30	150	Arcilla y Arena	94	78	71	62	57	47	26	18	12	8	36	12	A-2-6	0	10.3		
19	1+900	0	20	Arcilla y Arena	100	95	87	73	63	43	30	22	13	8	26	10	A-2-4	0	3.9		
	1+900	20	150	Arcilla y Arena	94	78	71	62	57	47	26	18	12	8	36	12	A-2-6	0	7.5		
20	2+000	0	28	Arcilla y Arena	86	73	68	50	45	35	27	20	12	8	28	10	A-2-4	0	8.3		
	2+000	28	150	Grava bien gradada con Arcilla	75	64	54	44	38	31	16	11	7	5	41	16	A-2-7	0	17.9		
21	2+100	0	30	Arcilla y Arena	93	85	70	56	50	37	27	21	13	9	29	15	A-2-6	0	4.7		
	2+100	30	120	Arena Limosa	100	100	100	100	100	100	100	99	88	40	45	15	A-7-5	2	25.3		
22	2+200	0	5	Arcilla y Arena	93	85	70	56	50	37	27	21	13	9	29	15	A-2-6	0	4.1		
	2+200	5	20	Grava Limosa con Arena	100	94	89	80	70	55	41	32	21	14	67	26	A-2-7	0	10.8		
	2+200	20	150	Arcilla	100	90	82	61	47	32	23	19	14	9	46	19	A-2-7	0	12.2		
23	2+300	0	20	Arcilla y Arena	93	85	70	56	50	37	27	21	13	9	29	15	A-2-6	0	5.4		
	2+300	20	60	Grava pobremente gradada con Limos	87	73	59	47	40	28	19	15	12	9	47	18	A-2-7	0	12.1		
	2+300	60	90	Grava Limosa con Arena	100	94	89	80	70	55	41	32	21	14	67	26	A-2-7	0	24.8		
	2+300	90	150	Limo Elastico	100	100	100	100	100	100	100	99	95	93	69	28	A-7-5	34	48.8		
24	2+400	0	45	Arcilla y Arena	93	85	70	56	50	37	27	21	13	9	29	15	A-2-6	0	6.7		
	2+400	45	150	Grava pobremente gradada con Limos	87	73	59	47	40	28	19	15	12	9	47	18	A-2-7	0	14		
25	2+500	0	25	Arcilla y Arena	100	86	78	69	62	45	31	26	18	12	39	18	A-2-6	0	2.9		
	2+500	25	50	Grava bien gradada con Limos	77	61	54	47	40	29	19	14	8	6	-	NP	A-1-a	0	3.2		
	2+500	50	90	Grava Arcillosa con Arena	100	91	85	78	61	52	45	31	19	14	36	12	A-2-6	0	11.7		
	2+500	90	150	Grava pobremente gradada con Limos	100	81	60	48	41	37	26	21	15	12	-	NP	A-1-a	0	12.8		
26	2+600	0	20	Arcilla y Arena	93	85	70	56	50	37	27	21	13	9	29	15	A-2-6	0	3.9		
	2+600	20	150	Grava bien gradada con Arcilla	100	74	55	42	35	22	12	9	7	6	53	28	A-2-7	0	12.7		

Fuente: Alcaldía Municipal de Condega –EDICO.

Tabla N°57: Resultados de Laboratorio.

SONDEO No.	ESTACION Km + m	PROFUNDIDAD (cm)		DESCRIPCION DEL MATERIAL	GRANULOMETRIA												Límites		Clasificación		Humedad %
		De	A																AASHTO		
					3"	2"	1	1/2"	3/4"	3/8"	4	10	40	200	LL	IP	Grupo	IG			
27	2+700	0	40	Arcilla y Arena	100	86	78	69	62	45	31	26	18	12	39	18	A-2-6	0	13.5		
	2+700	40	150	Arcilla	94	87	60	42	36	22	13	11	8	6	47	25	A-2-7	0	13.1		
28	2+800	0	15	Arcilla y Arena	100	82	76	66	62	48	36	24	13	7	37	15	A-2-6	0	5.1		
	2+800	15	40	Arena Arcillosa	100	100	100	100	100	100	100	94	54	22	39	15	A-2-6	0	16.7		
	2+800	40	150	Arena Arcillosa	100	100	100	100	100	100	100	94	54	22	39	15	A-2-6	0	21.8		
29	2+900	0	35	Arcilla y Arena	100	82	76	66	62	48	36	24	13	7	37	15	A-2-6	0	5.7		
	2+900	35	60	Arena Arcillosa	100	100	100	100	100	100	100	94	54	22	39	15	A-2-6	0	14.3		
	2+900	60	150	Arena	90	67	61	51	43	30	21	15	8	4	38	19	A-2-6	0	5.6		
30	3+000	0	8	y Arena	100	100	83	66	57	47	38	30	18	12	-	NP	A-1-a	0	3.9		
	3+000	8	28	Arena Limosa con Grava	100	100	100	98	97	94	85	73	36	25	36	7	A-2-4	0	6.8		
	3+000	28	100	Grava Limosa con Arena	84	75	67	61	59	53	43	39	27	19	36	8	A-2-4	0	14.1		
	3+000	100	150	Arcilla y Arena	100	89	83	73	67	55	41	28	17	11	32	12	A-2-6	0	10.7		
31	3+100	0	25	Arcilla y Arena	100	82	76	66	62	48	36	24	13	7	37	15	A-2-6	0	3.6		
	3+100	25	150	Arena	90	67	61	51	43	30	21	15	8	4	38	19	A-2-6	0	6.4		
32	3+200	0	30	Arcilla y Arena	100	82	76	66	62	48	36	24	13	7	37	15	A-2-6	0	8.4		
	3+200	30	150	Limo Arenoso	100	100	100	100	100	100	100	96	81	57	48	15	A-7-5	7	30		
33	3+300	0	20	Arcilla y Arena	100	82	76	66	62	48	36	24	13	7	37	15	A-2-6	0	6.6		
	3+300	20	120	Arcilla y Arena	100	71	59	49	45	34	25	19	13	8	32	14	A-2-6	0	5.1		
34	3+400	0	10	Arcilla y Arena	100	82	76	66	62	48	36	24	13	7	37	15	A-2-6	0	5		
	3+400	10	40	Arcilla y Arena	100	71	59	49	45	34	25	19	13	8	32	14	A-2-6	0	7.3		
36	3+600	0	5	Arcilla y Arena	100	82	76	66	62	48	36	24	13	7	37	15	A-2-6	0	6.7		
	3+600	5	100	Arcilla y Arena	100	71	59	49	45	34	25	19	13	8	32	14	A-2-6	0	16.1		
37	3+700	0	40	Arcilla y Arena	100	82	76	66	62	48	36	24	13	7	37	15	A-2-6	0	5.2		
	3+700	40	150	Arcilla y Arena	100	71	59	49	45	34	25	19	13	8	32	14	A-2-6	0	11		
38	3+800	0	15	Grava Arcillosa con Arena	100	98	87	70	65	48	37	29	20	13	30	10	A-2-4	0	3.7		
	3+800	15	50	Grava Arcillosa con Arena	100	87	81	73	66	51	35	30	23	15	40	17	A-2-6	0	18.3		
	3+800	50	150	Limo Arenoso	100	100	100	100	100	100	100	96	83	59	48	18	A-7-5	9	37.2		
39	3+900	0	35	Grava Arcillosa con Arena	100	98	87	70	65	48	37	29	20	13	30	10	A-2-4	0	6		
	3+900	35	60	Grava Arcillosa con Arena	100	96	93	84	77	58	41	32	22	15	39	15	A-2-6	0	10		
	3+900	60	150	Limo Elastico Arenoso	100	100	100	100	100	100	100	94	82	66	58	23	A-7-5	16	34.5		
40	4+000	0	25	Grava Arcillosa con Arena	100	98	87	70	65	48	37	29	20	13	30	10	A-2-4	0	3.7		
	4+000	25	125	Grava Limosa con Arena	86	79	71	67	63	55	45	40	33	25	39	10	A-2-4	0	23.9		
	4+000	125	140	Arena Arcillosa con Grava	100	100	96	94	91	86	82	77	65	37	36	12	A-6	1	23.4		
	4+000	140	150	Limo Elastico Graveloso con Arena	100	100	100	100	96	94	71	67	57	52	58	19	A-7-5	8	33.4		

Fuente: Alcaldía Municipal de Condega –EDICO.

Tabla N°58: Resultados de Laboratorio (CBR).

SONDEO No.	ESTACION Km + m	PROFUNDIDAD (cm)		Clasificación AASHTO		Valor de CBR (%)		
		De	A	Grupo	IG	90%	95%	100%
1	0+100	0	35	A-2-6	0	7.1	13	17.8
	0+100	35	55	A-7-5	72	7.3	14	20
	0+100	55	150	A-7-5	9	3	4	5
2	0+200	0	40	A-2-6	0	5	5.4	5.7
	0+200	40	150	A-2-4	0	2.5	9.8	17.2
3	0+300	0	35	A-2-6	0	7.2	9	15
	0+300	35	150	A-2-4	0	6.7	12	18.2
4	0+400	0	40	A-2-6	0	7.2	9	15
	0+400	40	150	A-2-4	0	6.7	12	13
5	0+500	0	10	A-1-a	0	42	51	63
	0+500	10	40	A-1-a	0	46	58	70
	0+500	40	150	A-1-a	0	43	48	53
6	0+600	0	25	A-2-6	0	6.7	12.4	18.2
	0+600	25	80	A-2-7	0	6	12	17
	0+600	80	150	A-2-7	0	7.4	18	20
7	0+700	0	35	A-2-6	0	11	18.5	25.5
	0+700	35	120	A-2-4	0	11.3	14	17.3
8	0+800	0	10	A-2-6	0	12	18.5	25
	0+800	10	40	A-2-6	0	12	18	23
	0+800	40	150	A-2-7	0	10.5	12	15.6
9	0+900	0	20	A-2-6	0	6	12.4	17
	0+900	20	150	A-2-7	0	9.5	17	19
10	1+000	0	25	A-1-a	0	46	58	70
	1+000	25	150	A-1-a	0	35	45	50
11	1+100	0	30	A-2-4	0	25	31	40
	1+100	30	150	A-2-7	0	9.5	17	19
12	1+200	0	5	A-2-4	0	17	21	34.5
	1+200	5	40	A-2-7	0	7.4	19	30.7
	1+200	40	150	A-2-6	0	6.1	12	18.7
13	1+300	0	35	A-2-4	0	33	39	45
	1+300	35	150	A-2-6	0	7	12	19

Fuente: Alcaldía Municipal de Condega –EDICO.

Tabla N°59: Resultados de Laboratorio (CBR).

SONDEO No.	ESTACION Km + m	PROFUNDIDAD (cm)		Clasificación AASHTO		Valor de CBR (%)		
		De	A	Grupo	IG	90%	95%	100%
14	1+400	0	35	A-2-4	0	23	37	41
	1+400	35	150	A-2-7	2	8	18	30
15	1+500	0	15	A-2-4	0	20	33	39
	1+500	15	70	A-1-a	0	25	35	54
	1+500	70	120	A-1-a	0	52	60	68
16	1+600	0	30	A-2-4	0	11.3	15	17.3
	1+600	30	150	A-2-6	0	5	7.4	12
17	1+700	0	40	A-2-4	0	12.0	18	20
	1+700	40	80	A-1-a	0	25	35	54
18	1+800	0	35	A-2-4	0	11.3	18	17.7
	1+800	35	150	A-2-6	0	6.6	10.4	15.7
19	1+900	0	20	A-2-4	0	9.6	17.4	17.7
	1+900	20	150	A-2-6	0	6.7	12	18.2
20	2+000	0	28	A-2-4	0	11.3	14.3	17.3
	2+000	28	150	A-2-7	0	2.9	7.4	11.7
21	2+100	0	30	A-2-6	0	11	18.5	25.5
	2+100	30	120	A-7-5	2	2.2	4	8.1
22	2+200	0	5	A-2-6	0	8.1	18.5	24.3
	2+200	5	20	A-2-7	0	10	17	21
	2+200	20	150	A-2-7	0	8.5	17	20
23	2+300	0	20	A-2-6	0	12	18.5	27.5
	2+300	20	60	A-2-7	0	10.7	18	24
	2+300	60	90	A-2-7	0	8.7	17	23
	2+300	90	150	A-7-5	34	2	5	9
24	2+400	0	35	A-2-6	0	10	18.5	26
	2+400	35	150	A-2-7	0	8	18.5	30
25	2+500	0	25	A-2-6	0	11.4	18	23.8
	2+500	25	50	A-1-a	0	50	60	70
	2+500	50	90	A-2-6	0	12.0	16	29
	2+500	90	150	A-1-a	0	42	56	72
26	2+600	0	20	A-2-6	0	7.5	18	28
	2+600	20	150	A-2-7	0	11	17	24

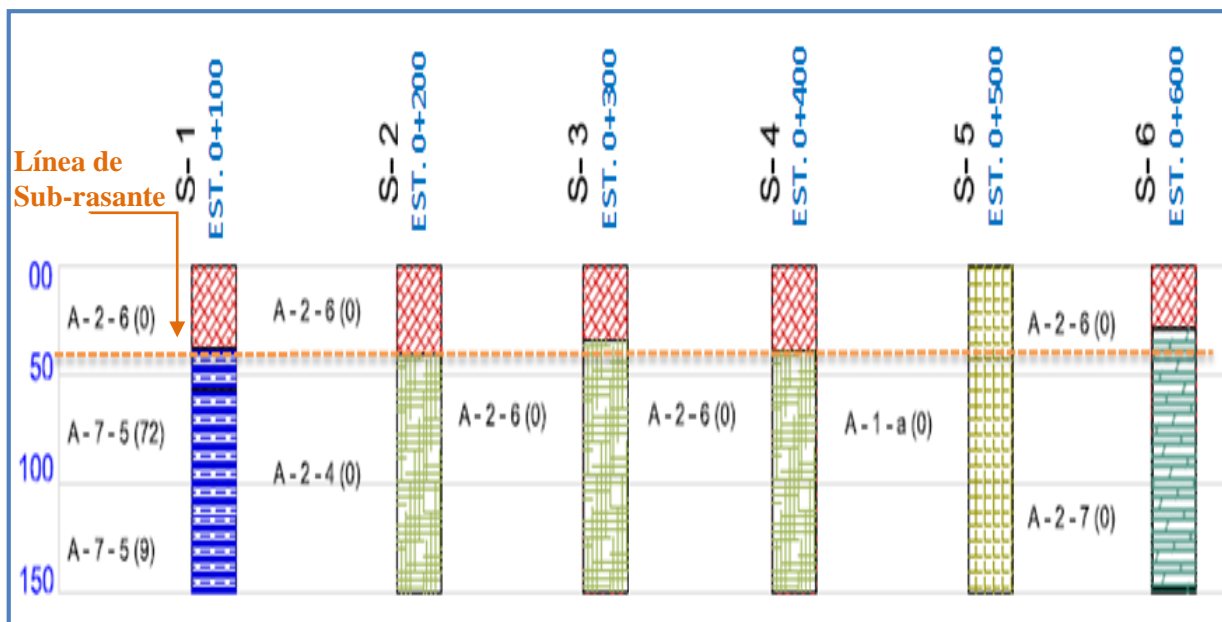
Fuente: Alcaldía Municipal de Condega –EDICO.

Tabla N°60: Resultados de Laboratorio (CBR).

SONDEO No.	ESTACION Km + m	PROFUNDIDAD (cm)		Clasificación AASHTO		Valor de CBR (%)		
		De	A	Grupo	IG	90%	95%	100%
27	2+700	0	35	A-2-6	0	7.7	21	25.2
	2+700	35	150	A-2-7	0	10.8	18.5	24.8
28	2+800	0	15	A-2-6	0	10.7	18.5	23.8
	2+800	15	40	A-2-6	0	9.2	18.5	23
	2+800	40	150	A-2-6	0	11	16	21
29	2+900	0	35	A-2-4	0	11.4	18	23.8
	2+900	35	60	A-2-6	0	13	18.7	24
	2+900	60	150	A-2-6	0	14.0	25	27.0
30	3+000	0	8	A-1-a	0	45	63	78
	3+000	8	28	A-2-4	0	7	11	16
	3+000	28	100	A-2-4	0	7	14	21
	3+000	100	150	A-2-6	0	13.6	19	24.5
31	3+100	0	25	A-2-6	0	10	18.5	26
	3+100	25	150	A-2-6	0	13	25	28
32	3+200	0	35	A-2-6	0	13	19	28
	3+200	35	150	A-7-5	7	2.4	6	9.6
33	3+300	0	30	A-2-6	0	13	18.5	24
	3+300	30	120	A-2-7	0	14.0	19	27.0
34	3+400	0	10	A-2-6	0	9.2	18	23
	3+400	10	40	A-2-6	0	11	16	21
	3+400	40	150	A-2-7	0	11	17	24
35	3+500	0	30	A-2-6	0	10	18.5	26
	3+500	30	80	A-2-7	0	8	15	21
	3+500	80	150	A-2-6	0	14.5	19	26.8
36	3+600	0	35	A-2-6	0	8	16	20
	3+600	35	100	A-2-7	0	9	16.5	21
37	3+700	0	40	A-2-6	0	13.7	20	25
	3+700	40	150	A-2-7	0	14.0	19	25.0
38	3+800	0	15	A-2-4	0	15	21	29
	3+800	15	50	A-2-6	0	14	20	25
	3+800	50	150	A-7-5	9	2	5	8
39	3+900	0	35	A-2-4	0	17.8	24	32
	3+900	35	60	A-2-6	0	14	19	24
	3+900	60	150	A-7-5	16	2.3	6	7.7
40	4+000	0	25	A-2-4	0	12	14	21
	4+000	25	125	A-2-4	0	13	15.6	22.5
	4+000	125	140	A-6	1	1.6	2.2	2.8
	4+000	140	150	A-7-5	8	1	1.5	2.2

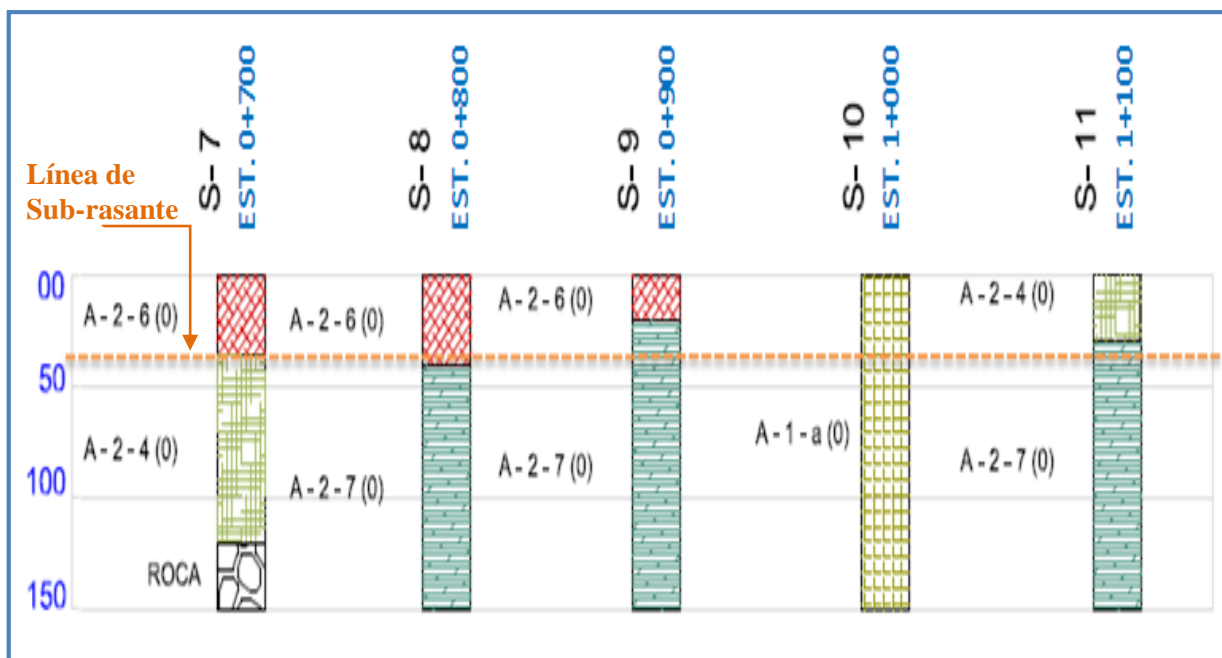
Fuente: Alcaldía Municipal de Condega –EDICO.

Imagen N° 11: Estratigrafía del terreno.



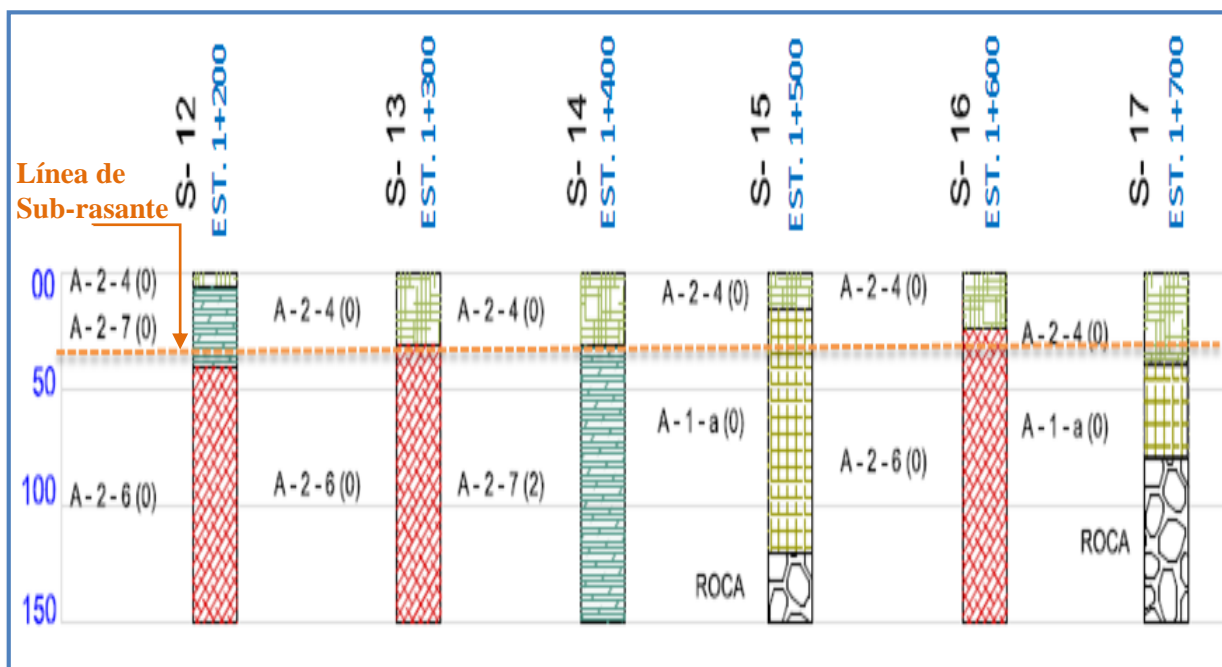
Fuente: Alcaldía Municipal de Condega –EDICO.

Imagen N° 12: Estratigrafía del terreno.



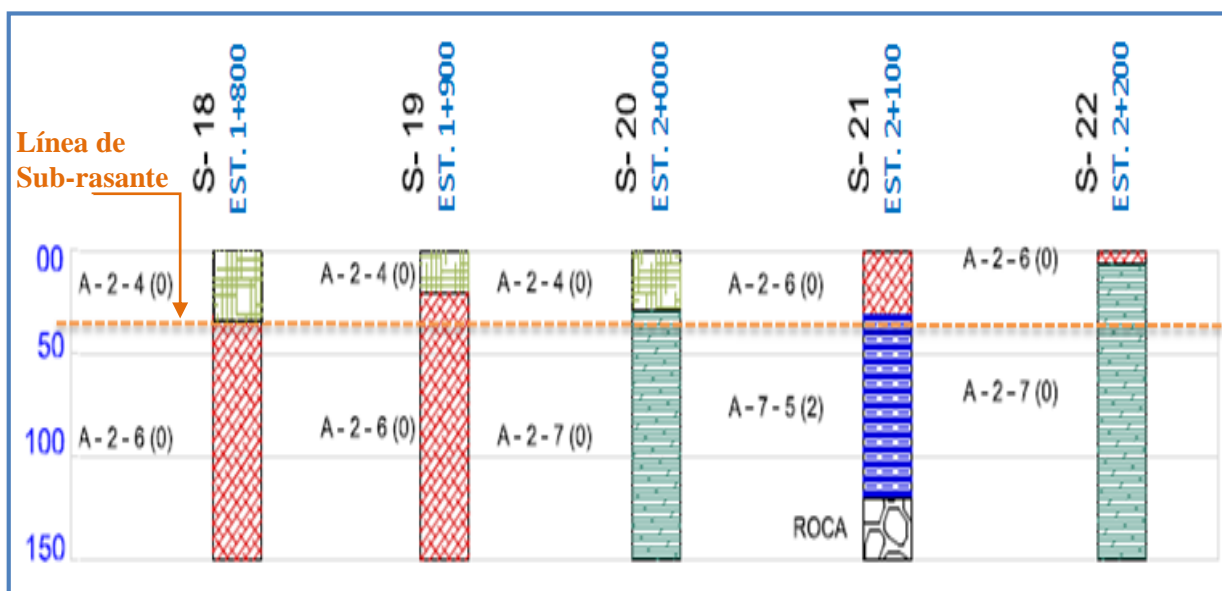
Fuente: Alcaldía Municipal de Condega –EDICO.

Imagen N° 13: Estratigrafía del terreno.



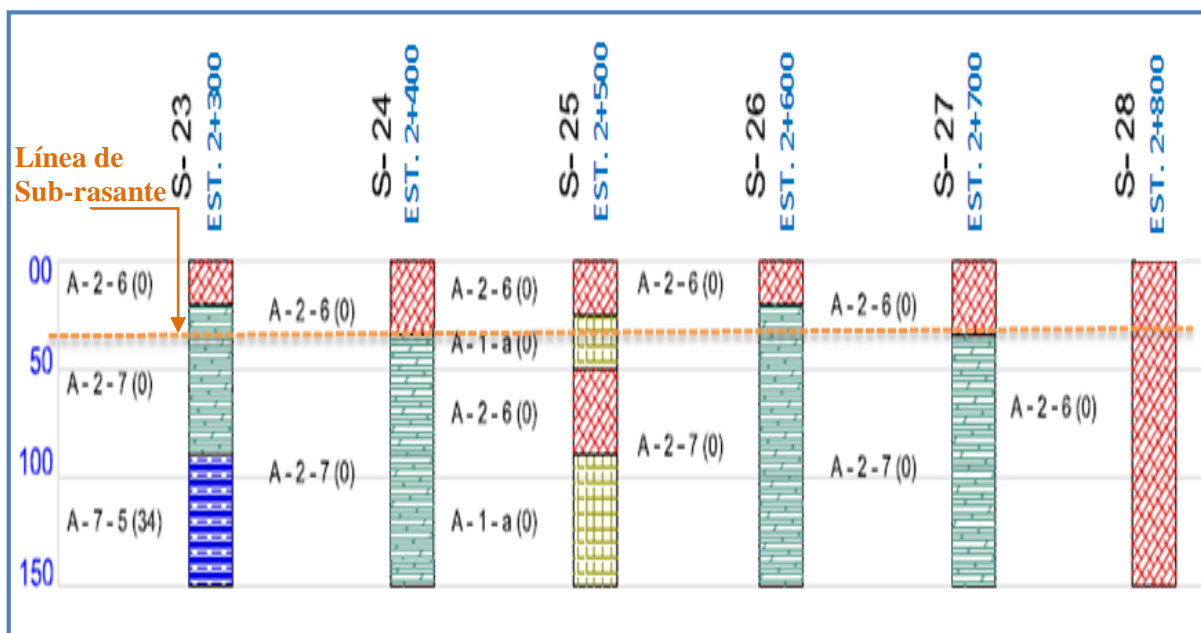
Fuente: Alcaldía Municipal de Condega –EDICO.

Imagen N° 14: Estratigrafía del terreno.



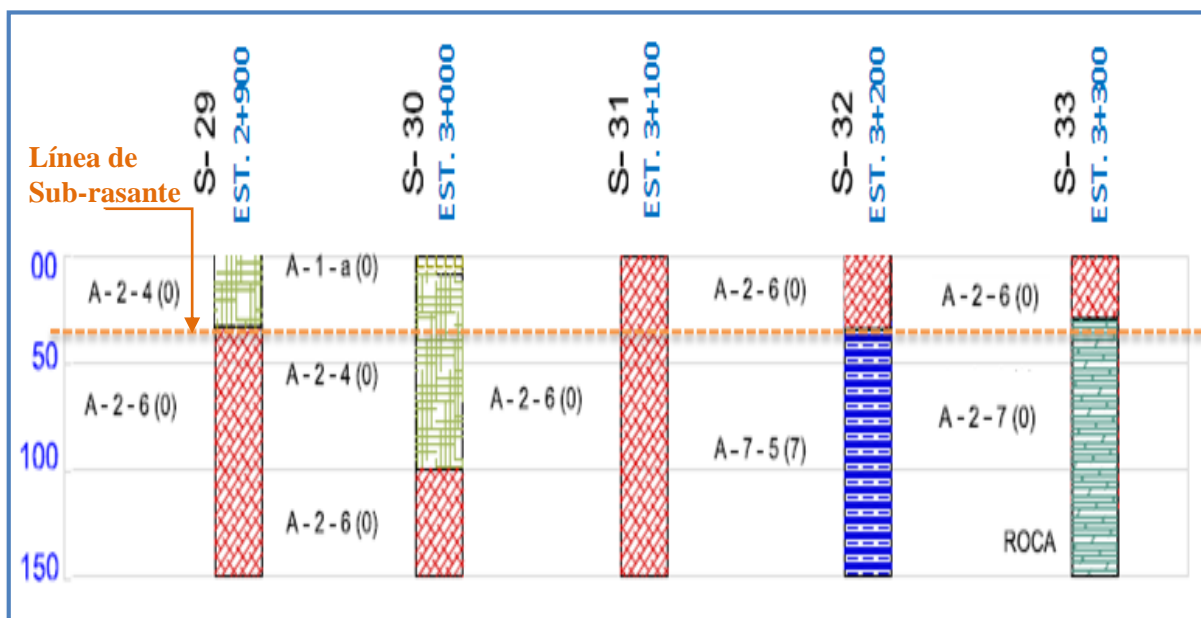
Fuente: Alcaldía Municipal de Condega –EDICO.

Imagen N° 15: Estratigrafía del terreno.



Fuente: Alcaldía Municipal de Condega –EDICO.

Imagen N° 16: Estratigrafía del terreno.



Fuente: Alcaldía Municipal de Condega –EDICO.

Diagrama de la estructura de la subrasante y los tipos de pavimento para las estaciones 34 a 40. El diagrama muestra una sección transversal con una línea de subrasante horizontal a los 50 cm de profundidad. Las estaciones son S-34 (EST. 3+400), S-35 (EST. 3+500), S-36 (EST. 3+600), S-37 (EST. 3+700), S-38 (EST. 3+800), S-39 (EST. 3+900) y S-40 (EST. 4+000). Las profundidades están marcadas a 0, 50, 100 y 150 cm. Los tipos de pavimento incluyen A-2-6(0), A-2-7(0), A-2-4(0), A-2-6(0), A-2-7(0), A-7-5(9), A-7-5(16), A-6(1), A-7-5(8) y ROCA.

Tabla N° 61: Formato utilizado para realizar aforo vehicular.

[illegible]

XIV

Tabla Nº 62: Aforo vehicular de 12 horas diurnas (Lunes- Ambos Sentidos).

CONTEO VEHICULAR DEL LUNES (AMBOS SENTIDOS)																			
PERIODO DE AFORO		Vehiculos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehiculos de Carga								Equipo Pesado			Total
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	Otros	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.		<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.				
06:00	07:00	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
07:00	08:00	1	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	4
08:00	09:00	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
09:00	10:00	1	0	0	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
10:00	11:00	0	0	1	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
11:00	12:00	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3
12:00	13:00	0	0	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4
13:00	14:00	4	0	0	1	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	8
14:00	15:00	3	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	7
15:00	16:00	0	0	0	4	0	0	1	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	10
16:00	17:00	0	0	0	7	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	9
17:00	18:00	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Σ TOTAL		10	0	4	26	0	0	3	6	11	5	0	0	0	0	0	0	0	65

Fuente: Elaboración propia.

Tabla Nº 63: Aforo vehicular de 12 horas diurnas (Martes- Ambos Sentidos).

CONTEO VEHICULAR DEL MARTES (AMBOS SENTIDOS)																			
PERIODO DE AFORO		Vehiculos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehiculos de Carga								Equipo Pesado			Total
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	Otros	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.		<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.				
06:00	07:00	2	0	1	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	7	
07:00	08:00	1	0	0	3	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	7	
08:00	09:00	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
09:00	10:00	2	0	0	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	7	
10:00	11:00	1	1	0	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	6	
11:00	12:00	0	0	0	7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
12:00	13:00	2	0	0	4	0	0	1	7	1	1	0	0	0	0	0	0	16	
13:00	14:00	0	1	2	1	1	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	8	
14:00	15:00	4	0	2	1	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	10	
15:00	16:00	1	0	0	5	0	0	2	5	1	2	0	0	0	0	0	0	16	
16:00	17:00	3	0	1	2	0	0	0	2	7	1	0	0	0	0	0	0	16	
17:00	18:00	0	0	0	3	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	6	
Σ TOTAL		17	2	6	33	1	0	4	24	14	9	0	0	0	0	0	0	110	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°64: Aforo vehicular de 12 horas diurnas (Miércoles- Ambo Sentidos).

CONTEO VEHICULAR DEL MIERCOLES (AMBOS SENTIDOS)																			
PERIODO DE AFORO		Vehiculos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehiculos de Carga								Equipo Pesado			Total
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	Otros	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.		<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.				
06:00	07:00	1	0	1	0	0	0	0	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	7
07:00	08:00	1	0	0	5	0	0	0	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	12
08:00	09:00	2	1	0	1	0	0	0	3	7	0	0	0	0	0	0	0	0	14
09:00	10:00	0	0	0	0	0	0	1	7	2	1	0	0	0	0	0	0	0	11
10:00	11:00	0	2	0	1	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
11:00	12:00	1	0	0	3	0	0	0	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	10
12:00	13:00	3	0	0	9	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	14
13:00	14:00	3	0	2	3	1	0	1	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	14
14:00	15:00	2	0	2	3	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	11
15:00	16:00	1	0	2	5	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	13
16:00	17:00	1	0	1	1	2	0	0	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	11
17:00	18:00	0	0	1	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	6
Σ TOTAL		15	3	9	35	3	0	4	30	21	9	0	0	0	0	0	0	0	129

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 65: Aforo vehicular de 12 horas diurnas (Jueves- Ambos Sentidos).

CONTEO VEHICULAR DEL JUEVES (AMBOS SENTIDOS)																			
PERIODO DE AFORO		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga								Equipo Pesado			Total
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	Otros	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.		<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.				
06:00	07:00	0	0	2	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	7
07:00	08:00	1	0	0	11	0	0	1	4	4	2	0	0	0	0	0	0	0	23
08:00	09:00	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
09:00	10:00	1	0	0	2	0	0	2	7	2	1	0	0	0	0	0	0	0	15
10:00	11:00	1	1	2	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
11:00	12:00	1	0	0	8	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	14
12:00	13:00	2	0	1	0	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	7
13:00	14:00	2	0	0	4	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	9
14:00	15:00	2	0	2	3	0	0	0	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	15
15:00	16:00	1	0	0	1	2	0	0	5	4	4	0	0	0	0	0	0	0	17
16:00	17:00	2	1	1	3	0	0	0	2	7	0	0	0	0	0	0	0	0	16
17:00	18:00	3	0	1	1	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	10
Σ TOTAL		16	3	10	40	5	0	4	34	24	10	0	0	0	0	0	0	0	146

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°66: Aforo vehicular de 12 horas diurnas (Viernes- Ambos Sentidos).

CONTEO VEHICULAR DEL VIERNES (AMBOS SENTIDOS)																			
PERIODO DE AFORO		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga								Equipo Pesado			Total
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	Otros	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.		<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.				
06:00	07:00	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
07:00	08:00	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3
08:00	09:00	3	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	7
09:00	10:00	0	0	0	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	4
10:00	11:00	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
11:00	12:00	0	0	0	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	4
12:00	13:00	2	0	1	5	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
13:00	14:00	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
14:00	15:00	0	0	1	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	6
15:00	16:00	1	0	0	1	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6
16:00	17:00	2	0	2	2	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	9
17:00	18:00	4	0	1	1	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	9
Σ TOTAL		15	2	6	22	1	0	3	5	7	5	0	0	0	0	0	0	0	66

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°67: Aforo vehicular de 12 horas diurnas (Sábado- Ambos Sentidos).

CONTEO VEHICULAR DEL SABADO (AMBOS SENTIDOS)																			
PERIODO DE AFORO		Vehiculos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehiculos de Carga								Equipo Pesado			Total
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	Otros	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.		<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.				
06:00	07:00	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
07:00	08:00	1	1	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	5
08:00	09:00	2	0	1	1	1	0	0	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	12
09:00	10:00	0	0	1	3	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
10:00	11:00	0	0	0	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
11:00	12:00	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
12:00	13:00	1	0	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
13:00	14:00	0	0	0	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	4
14:00	15:00	1	0	0	1	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
15:00	16:00	0	0	0	8	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	11
16:00	17:00	2	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
17:00	18:00	0	0	1	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	7
Σ TOTAL		7	1	4	24	2	0	3	14	11	5	0	0	0	0	0	0	0	71

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°68: Aforo vehicular de 12 horas diurnas (Domingo- Ambos Sentidos).

CONTEO VEHICULAR DEL DOMINGO (AMBOS SENTIDOS)																			
PERIODO DE AFORO		Vehiculos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehiculos de Carga								Equipo Pesado			Total
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	Otros	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.		<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.				
06:00	07:00	4	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	
07:00	08:00	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	
08:00	09:00	2	1	0	1	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	7	
09:00	10:00	0	3	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	5	
10:00	11:00	1	2	0	2	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
11:00	12:00	3	2	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	
12:00	13:00	0	9	0	6	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	18	
13:00	14:00	2	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	6	
14:00	15:00	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	4	
15:00	16:00	3	7	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	16	
16:00	17:00	7	4	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	13	
17:00	18:00	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
Σ TOTAL		22	33	2	22	0	0	4	8	7	1	0	0	0	0	0	0	99	









Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°69: Tipología y Descripción Vehicular de Conteos de Trafico de la oficina de Diagnostico, Evaluación de pavimentos y puentes.

CLASIF. VEHICULAR	TIPOS DE VEHICULOS	ESQUEMA VEHICULAR	DESCRIPCIÓN DE LA TIPOLOGÍA VEHICULAR
VEHICULOS DE PASAJEROS	MOTOCICLETAS		Incluye todos los tipos de Motocicleta tales como, Minimoto, Cuadracicl, Moto Taxis, Etc. Este último fue modificado para que pudiera ser adaptado para el traslado de personas, se encuentran más en zonas Departamentales y Zonas Urbanas. Moviliza a 3 personas incluyendo al conductor.
	AUTOMOVILES		Se consideran todos los tipos de automóviles de cuatro y dos puertas, entre los que podemos mencionar, vehículos cope y station wagon.
	JEEP		Se consideran todos los tipos de vehículos conocidos como 4*4. En diferentes tipos de marcas, tales como TOYOTA, LAND ROVER, JEEP, ETC.
	CAMIONETA		Son todos aquellos tipos de vehículos con tinas en la parte trasera, incluyendo las que transportan pasajeros y aquellas que por su diseño están diseñadas a trabajos de carga.
	MICROBUS		Se consideran todos aquellos microbuses, que su capacidad es menor o igual a 14 pasajeros sentados.
	MINBUS		Son todos aquellos con una capacidad de 15 a 30 pasajeros sentados.
	BUS		Se consideran todos los tipos de buses, para el transporte de pasajeros con una capacidad mayor de 30 personas sentadas.

Fuente: Anuario de aforos de tráfico. MTI, Año 2015.

Tabla N°70: Tipología y Descripción Vehicular de Conteos de Trafico de la oficina de Diagnostico, Evaluación de pavimentos y puentes.

CLASIF. VEHICULAR	TIPOS DE VEHICULOS	ESQUEMA VEHICULAR	DESCRIPCIÓN DE LA TIPOLOGÍA VEHICULAR
VEHICULOS DE CARGA	LIVIANO DE CARGA		Se consideran todos aquellos vehículos, cuyo peso máximo es de 4 toneladas o menores a ellas.
	CAMIÓN DE CARGA C2 - C3		Son todos aquellos camiones tipos C2 (2 Ejes) y C3 (3 Ejes), con un peso mayor de 5 toneladas. También se incluyen las furgonetas de carga liviana.
	CAMIÓN DE CARGA PESADA Tx-Sx<=4		Camiones de Carga Pesada, son vehículos diseñados para el transporte de mercancía liviana y pesada y son del tipo Tx-Sx<=4.
	Tx-Sx>=5		Este tipo de camiones son considerados combinaciones Tractor Camión y semi Remolque, que sea igual o mayor que 5 ejes.
	Cx-Rx<=4		Camión Combinado, son combinaciones camión remolque que sea menor o igual a 4 ejes y están clasificados como Cx-Rx<=4
	Cx-Rx>=5		Son combinaciones iguales que las anteriores pero iguales o mayores cantidades a 5 ejes.
EQUIPO PESADO	VEHICULOS AGRÍCOLAS		Son vehículos provistos con llantas especiales de hule, de gran tamaño. Muchos de estos vehículos poseen arados u otros tipos de equipos, con los cuales realizar las actividades agrícolas. Existen de diferentes tipos (Tractores - Arados - Cosechadoras)
	VEHICULOS DE CONSTRUCCIÓN		Generalmente estos tipos de vehículos se utilizan en la construcción de obras civiles. Pueden ser de diferentes tipos, Motoniveladoras, retroexcavadoras, Recuperador de Caminos/Mezclador, Pavimentadora de Asfalto, Tractor de Cadenas, Cargador de Ruedas y Compactadoras.
OTROS	REMOLQUES Y/O TRAILERS		Se incluye remolques o trailers pequeños halados por cualquier clase de vehículo automotor, también se incluyen los halados por tracción animal (Semovientes).

Fuente: Anuario de aforos de tráfico. MTI, Año 2015.

Tabla N°71: Listados Históricos estación N°107(Sébaco–Empalme San Isidro).

Año	Motos	Autos	Jeep	Cmta.	McBus <15 pas.	MnBus 15-30 s.	Bus	Liv. 2-5 Ton	C2 5 + Ton	C3	Tx-Sx <= 4e	Tx-Sx >= 5e	Cx-Rx <= 4e	Cx-Rx >= 5e	V.A	V.C	Otros	TPDA
2015	786	1094	381	1945	123	19	237	395	446	88	1	444		1	12		22	5994
2014	654	947	374	1760	77	14	234	419	412	57	1	377			8	1	15	5350
2013	539	949	325	1551	100	10	231	408	393	65		356			10	1	16	4954
2012	435	916	353	1581	57	14	237	435	358	56	8	374			6	1	12	4843
2011	355	870	353	1503	49	9	226	400	329	53	1	352			6	1	10	4517
2010	306	871	356	1492	43	8	228	353	288	44		327			8		10	4334
2009	293	812	337	1389	40	8	216	332	287	48		321			7	1	10	4101
2008	222	705	356	1394	44	13	229	335	351	47		380			8		9	4092
2007	139	676	341	1344	36	12	266	337	299	41		343			7		12	3853
2006	123	687	349	1362	39	13	269	317	298	44	1	326			7		14	3849
2005	88	540	335	1208	34	10	243	270	277	37	4	348			5		5	3405
2004	104	594	359	1267	38	13	228	284	309	37	1	369	1		9		9	3622

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico, MTI (Año 2015,pag. 110).

Tabla N°72: Informe Anual del año 2015 del Banco Central de Nicaragua.

Conceptos - Concept	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
PIB (a precios constantes) ^{1/} - Real GDP ^{1/}	125,540.1	129,120.1	125,557.4	129,564.3	137,638.3	145,333.0	151,921.3	158,856.8	166,686.8	
PIB (córdobas corrientes) - Nominal GDP	137,590.8	164,494.3	170,459.9	186,683.0	218,762.9	245,800.3	268,853.9	306,061.2	345,958.6	
PIB (en millones US\$) - GDP (million of US\$)	7,458.1	8,491.4	8,380.7	8,741.3	9,755.6	10,439.4	10,874.7	11,790.2	12,692.5	
Población (miles de habitantes) ^{2/} - Population (thousands) ^{2/}	5,707.9	5,778.8	5,850.5	5,923.1	5,996.6	6,071.0	6,134.3	6,198.2	6,262.7	
Base monetaria - Monetary base	9,847.8	10,369.5	12,425.7	14,549.8	18,278.0	19,174.4	20,466.9	23,502.5	29,661.4	
Depósitos totales ^{3/} - Total deposits ^{3/}	45,454.7	48,776.4	56,489.1	70,400.3	82,043.5	86,550.1	98,591.8	117,345.7	133,636.1	
Cartera de crédito bruta ^{4/} - Gross credit portfolio ^{4/}	42,026.3	47,198.6	44,241.7	45,289.1	53,852.4	69,457.2	84,281.8	100,712.1	123,839.2	
Balance del SPNF a/d - Balance of NFPS (before grants)	(2,905.7)	(4,875.2)	(6,576.7)	(4,121.9)	(3,457.4)	(4,144.5)	(5,803.4)	(7,957.3)	(9,892.9)	
Balance del SPNF d/d - Balance of NFPS (after grants)	1,311.1	(1,027.8)	(2,195.7)	(1,101.6)	354.2	(626.5)	(3,024.2)	(4,541.5)	(5,580.2)	

Fuente: Banco Central de Nicaragua. (Informe 2015).

Tabla N°73: Factores 2015 (Estación N° 107).

Factores del primer cuatrimestre del año Enero - Abril																	
Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx- Sx<=4	Tx- Sx>5	Cx- Rx<4	Cx- Rx>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1.31	1.29	1.34	1.29	1.29	1.38	1.21	1.32	1.52	1.60	1.29	1.63	1.00	1.33	1.09	1.00	1.26
Factor Semana	1.01	1.02	0.99	0.95	0.97	1.43	1.00	0.86	0.90	0.85	0.92	0.91	1.00	2.86	0.89	1.43	1.02
Factor Fin de Semana	0.97	0.96	1.02	1.14	1.08	0.57	0.99	1.73	1.39	1.74	1.29	1.34	1.00	0.38	1.46	0.57	0.96
Factor Expansión a TPDA	0.89	0.95	1.04	0.93	0.98	1.19	0.98	0.91	0.93	0.88	0.78	0.93	1.00	1.00	0.80	1.33	1.07
Factores del segundo cuatrimestre del año Mayo - Agosto																	
Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx- Sx<=4	Tx- Sx>5	Cx- Rx<4	Cx- Rx>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1.25	1.30	1.29	1.29	1.29	1.49	1.19	1.36	1.44	1.42	1.00	1.61	1.00	1.00	1.14	2.00	1.19
Factor Semana	1.06	1.05	1.01	0.95	0.98	1.12	0.99	0.89	0.90	0.84	1.00	0.91	1.00	1.00	0.99	1.00	0.95
Factor Fin de Semana	0.87	0.89	0.97	1.15	1.04	0.79	1.04	1.47	1.39	1.89	1.00	1.31	1.00	1.00	1.04	1.00	1.15
Factor Expansión a TPDA	0.94	0.90	0.83	0.90	0.84	0.97	0.96	1.03	0.85	0.95	7.00	0.95	1.00	1.00	2.13	1.33	1.20
Factores del tercer cuatrimestre del año septiembre - Diciembre																	
Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx- Sx<=4	Tx- Sx>5	Cx- Rx<4	Cx- Rx>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1.33	1.31	1.26	1.24	1.29	1.21	1.21	1.29	1.47	1.41	1.38	1.78	1.00	1.00	1.05	1.00	1.16
Factor Semana	0.96	0.98	0.99	0.92	0.98	1.07	0.97	0.86	0.88	0.88	1.00	0.93	1.00	1.00	0.95	1.00	0.99
Factor Fin de Semana	1.12	1.06	1.02	1.28	1.05	0.86	1.07	1.68	1.55	1.50	1.00	1.23	1.00	1.00	1.15	1.00	1.03
Factor Expansión a TPDA	1.23	1.19	1.20	1.23	1.26	0.89	1.07	1.08	1.35	1.23	0.64	1.15	1.00	1.00	0.78	0.67	0.81













Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico, MTI (Año 2015,pag. 241).

Tabla N°74: Diagrama de cargas permisibles para Vehículos Liviano y Pasajeros.

Tipo de Vehículo	Peso por eje (TON)	Peso por eje (LBS)
AUTOMOVIL	1/1	2200/2200
JEEP	1/1	2200/2200
CAMIONETA	1/2	2200/4400
MC-15	2/4	4400/8800
MC-15-30	4/8	8800/17600
C-2 LIV	4/8	8800/17600
BUS=C2	5/10	11000/22000

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI).

Tabla N°75: Diagrama de cargas permisibles para Vehículos Pesados.

TIPO DE VEHICULOS	ESQUEMAS DE VEHICULOS	PESO MAXIMO AUTORIZADO						Peso Máximo Total (1) Ton - Met.
		1er. Eje	2do. Eje	3er. Eje	4to. Eje	5to. Eje	6to. Eje	
C2		5.00	10.00					15.00
C3		5.00	16.50					21.50
			8.25	8.25				
C4		5.00	20.00					25.00
			6.67	6.66	6.66			
T2-S1		5.00	9.00	9.00				23.00
T2-S2		5.00	9.00	16.00				30.00
				8.00	8.00			
T2-S3		5.00	9.00	20.00				34.00
				6.67	6.66	6.66		
T3-S1		5.00	16.00		9.00			30.00
			8.00	8.00				
T3-S2		5.00	16.00		16.00			37.00
			8.00	8.00	8.00	8.00		
T3-S3		5.00	16.00		20.00			41.00
			8.00	8.00	6.67	6.66	6.66	
C2-R2		4.50	9.00	4.0 a	4.0 a			21.50
		4.50	9.00	6.5 b	6.5 b			26.50
C3-R2		5.00	16.00		4.0 a	4.0 a		29.00
		5.00	8.00	8.00	6.5 b	6.5 b		34.00
C3-R3		5.00	16.00		4.0 a	5.0 a	5.0 a	35.00
		5.00	8.0 b	8.0 b	6.5 b	5.0 b	5.0 b	37.50

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura vial (MTI).

Tabla N°76: Factores Equivalentes de Cargas, Ejes Simples.

Tabla 3.1. Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, $p_t = 2.0$

Carga por eje		SN		pulg	(mm)		
(kips)	(kN)	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
2	8.9	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002
4	17.8	.002	.003	.002	0.002	.002	.002
6	26.7	.009	.012	.011	0.10	.009	.009
8	35.6	.030	.035	.036	.033	.031	.029
10	44.5	.075	.085	.090	.085	0.79	.076
12	53.4	.165	.177	.189	.183	.174	.168
14	62.3	.325	.338	.354	.350	.338	.331
16	71.2	.589	.598	.613	.612	.603	.596
18	80.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	89.0	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57	1.59
22	97.9	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35	2.41
24	106.8	3.71	3.62	3.43	3.33	3.40	3.51
26	115.7	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77	4.96
28	124.6	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52	6.83
30	133.5	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7	9.2
32	142.4	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5	12.1
34	151.3	18.5	17.9	16.3	15.0	14.9	15.6
36	160.0	24.2	23.3	21.2	19.3	19.0	19.9
38	169.1	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0	25.1
40	178.0	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0	31.2
42	186.9	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2	38.5
44	195.8	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7	47.1
46	204.7	76.1	73.0	65.6	58.3	55.7	57.0
48	213.6	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3	68.6
50	222.5	113	108	97	86	81	82

Fuente: Manual AASHTO-93 Design Requirements.

Tabla N°77: Factores Equivalentes de Cargas, Ejes Dobles.

Tabla 3.2. Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes tándem, $p_t = 2.0$

Carga por eje		SN					
(kips)	(KN)	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	pulg 3.0 (76.2)	(mm) 4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
2	8.9	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
4	17.8	.0003	.0003	.0003	.0002	.0002	.0002
6	26.7	.001	.001	.001	.001	.001	.001
8	35.6	.003	.003	.003	.003	.003	.002
10	44.5	.007	.008	.008	.007	.006	.006
12	53.4	.013	.016	.016	.014	.013	.012
14	62.3	.024	.029	.029	.026	.024	.023
16	71.2	.041	.048	.050	.046	.042	.040
18	80.0	.066	.077	.081	.075	.069	.066
20	89.0	.103	.117	.124	.117	.109	.105
22	97.9	.156	.171	.183	.174	.164	.158
24	106.8	.227	.244	.260	.252	.239	.231
26	115.7	.322	.340	.360	.353	.338	.329
28	124.6	.447	.465	.487	.481	.466	.455
30	133.5	.607	.623	.646	.643	.627	.617
32	142.4	.810	.823	.843	.842	.829	.819
34	151.3	1.06	1.07	1.08	1.08	1.08	1.07
36	160.0	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
38	169.1	1.76	1.75	1.73	1.72	1.73	1.74
40	178.0	2.22	2.19	2.15	2.13	2.16	2.18
42	186.9	2.77	2.73	2.64	2.62	2.66	2.70
44	195.8	3.42	3.36	3.23	3.18	3.24	3.31
46	204.7	4.20	4.11	3.92	3.83	3.91	4.02
48	213.6	5.10	4.98	4.72	4.58	4.68	4.83
50	222.5	6.15	5.99	5.64	5.44	5.56	5.77
52	231.4	7.37	7.16	6.71	6.43	6.56	6.83
54	240.3	8.77	8.51	7.93	7.55	7.69	8.03
56	249.2	10.4	10.1	9.3	8.8	9.0	9.4
58	258.1	12.2	11.8	10.9	10.3	10.4	10.9

Fuente: Manual AASHTO-93 Design Requirements.